

# **Solutions de contrôle des terrains**

**Édition mondiale pour le forage de tunnels**



# *Soutenir les progrès*





# Table des matières

<i>À propos de nous</i>	6
<i>Boulons</i>	30
<i>Produits chimiques d'injection</i>	126
<i>Pré-soutènement et assèchement</i>	150
<i>Soutènement passif</i>	194
<i>Forage mécanisé de tunnels</i>	242
<i>Index des produits</i>	262

# Préface

En 2013, DSI Underground (DSI) a publié la première édition de ce catalogue complet de produits techniques destinés au secteur de la construction souterraine. Bien que notre monde des affaires évolue et devienne de plus en plus numérisé et interactif, la diffusion d'informations techniques fiables reste essentielle.

Ces dernières années, DSI a été en mesure d'élargir sa gamme d'activités grâce à plusieurs acquisitions, ajoutant ainsi de nouveaux produits et de nouvelles technologies au portefeuille. Depuis juillet 2021, DSI fait partie du secteur d'activité Sandvik Mining and Rock Solutions, ce qui représente une avancée significative dans le soutien et le façonnement du secteur de la construction souterraine.

La croissance organique de l'entreprise et les développements internes substantiels ont conduit à l'introduction d'une série de solutions innovantes en matière de contrôle des terrains. Ces innovations concernent les systèmes ALWAG éprouvés et réputés, ainsi qu'un portefeuille complet de solutions chimiques d'injection DSI. Quant aux systèmes de soutènement de longue date, ils n'ont pas changé et resteront en usage pendant des décennies.

Bien qu'il s'agisse d'une version mondiale, ce catalogue de produits techniques comprend également des particularités régionales en ce qui concerne les solutions de contrôle des terrains. Les méthodes de construction, les processus d'installation et les caractéristiques des matériaux (comme les nuances d'acier) varient d'un pays à l'autre. Vous trouverez donc des informations plus détaillées dans les brochures des produits locaux.

Une équipe mondiale d'experts de la construction souterraine expérimentés, passionnés et engagés, tant internes qu'externes, a contribué à l'élaboration de la nouvelle édition 2021. Au nom de la famille DSI, nous tenons à vous exprimer notre gratitude pour toutes vos contributions et votre soutien. La construction souterraine est loin d'être un travail individuel, puisqu'elle est le fruit de la coopération d'une équipe de parties intéressées.

Chez DSI, nous sommes activement engagés dans la communauté mondiale du forage de tunnels, avec pour objectif de contribuer à la sécurité, à l'efficacité et à la durabilité des activités.

Cordialement et Glueck Auf !

Wolfgang Dolsak  
Karl Boehm



## Amélioration

### Du forage conventionnel de tunnels

En travaillant à vos côtés, nous pouvons relever tous les défis, quelles que soient les conditions de terrain

- **Le partenaire de confiance** des entrepreneurs locaux et internationaux et des spécialistes en forage de tunnels
- **Des produits et des solutions** axés sur les opérations de forage et de dynamitage
- **D'innombrables projets dans le monde entier :** tunnels ferroviaires et routiers, tunnels d'infrastructure, cavernes souterraines, lignes de métro et stations



## Renforcement

### Des mines

Nous travaillons à vos côtés et nos solutions couvrent toutes les applications afin de vous aider à développer vos activités

- **Nous sommes actifs** dans tous les segments du marché minier : roche dure, roche tendre et exploitation de charbon
- **Nous sommes reconnus** par les mineurs et les entrepreneurs locaux et mondiaux
- **La chaîne d'approvisionnement mondiale** permet la livraison du produit adéquat en temps voulu, à un coût approprié et au bon endroit



## Nos valeurs

### Une philosophie tournée vers l'avenir

Notre philosophie est tournée vers l'avenir et se reflète dans nos valeurs

- **Fiabilité :** notre personnel, nos produits et notre chaîne d'approvisionnement permettent aux entreprises de nos clients de se développer efficacement
- **Responsabilité :** nous respectons des engagements sociaux, éthiques et environnementaux de premier ordre au bénéfice de tous
- **Persévérance :** quel que soit le défi, nous travaillons sans relâche pour trouver une solution
- **Agilité :** nous répondons rapidement à chaque demande, ce qui permet aux clients de planifier leur avenir en toute confiance



## Nous vous aidons

### À aller toujours plus loin

Nous veillons à ce que vos entreprises se développent grâce à

- **Des produits et des systèmes** de haute qualité
- **Une production flexible de classe mondiale**
- **Une chaîne d'approvisionnement** performante
- **Une technologie** de pointe
- **Une durabilité** responsable
- **Des collaborateurs** passionnés



# À propos de nous



## Leader pour les opérations souterraines

DSI Underground est le premier fournisseur mondial de solutions de contrôle des terrains pour l'exploitation minière et le secteur du forage de tunnels. Nous sommes présents dans 70 pays et employons plus de 2 000 personnes, dont des ingénieurs et des spécialistes techniques possédant une expérience approfondie de l'industrie souterraine.

Avec des marques de premier plan, offrant des produits allant des systèmes de boulonnage aux produits chimiques d'injection et aux capsules de résine, nous renforçons les tunnels et les structures souterraines, aidant ainsi nos clients à avancer sous terre et à atteindre leurs objectifs plus rapidement et plus efficacement que jamais.

Alors que de nombreux fournisseurs se contentent de proposer des produits standardisés, nous mettons à profit notre savoir-faire pour fournir des solutions personnalisées. Celles-ci sont créées en collaboration avec nos clients, modifiées et adaptées pour répondre à des besoins individuels et spécialisés.

Certifiés ISO 9001:2015, avec des installations de fabrication mondiales et des tests internes exhaustifs, nous pouvons faire face aux délais et aux volumes de commande les plus exigeants, tout en garantissant les plus hauts niveaux de qualité et de sécurité à chaque fois.

Par ailleurs, grâce à des capacités logistiques personnalisées et véritablement internationales, nous sommes en mesure d'assurer des

livraisons fiables et ponctuelles, ce qui garantit une production interrompue ainsi qu'une disponibilité et un fonctionnement continus à toute heure du jour et de la nuit.

Enfin, présente sur tous les marchés clés, notre équipe d'experts est à votre disposition pour vous fournir des recommandations détaillées et des conseils avisés, ainsi qu'une supervision de l'installation sur site ou à distance, une formation et des tests. Notre objectif est de résoudre les problèmes de nos clients et de permettre aux entreprises du secteur souterrain de se développer.

Ensemble, nous renforçons les opérations, les équipes et les capacités, en vous aidant à avancer sous terre, et vers l'avenir.



## Soutenir les progrès

L'exploitation minière et le forage de tunnels apportent une contribution essentielle au progrès de l'humanité. En tant que fournisseur spécialisé du secteur, DSI Underground contribue à renforcer ce progrès, pour ses clients et pour le monde entier.

**Progresser de manière rentable**, en bénéficiant de la meilleure gamme de produits de soutènement du sol au monde, auprès d'un seul et même fournisseur.

**Progresser en toute sécurité**, avec des produits éprouvés et conformes à toutes les normes internationales.

**Progresser de manière fiable**, grâce à une chaîne d'approvisionnement mondiale qui minimise les retards et les temps d'arrêt.

**Progresser efficacement** grâce aux nouvelles technologies qui améliorent la productivité et les performances.

**Enfin, progresser en toute confiance** avec le soutien et l'appui d'ingénieurs spécialisés de votre région.

En renforçant vos tunnels, vos mines et vos structures souterraines, nous préservons le bien-être de votre personnel et contribuons à améliorer l'efficacité. En outre, en vous aidant à résoudre les défis de la numérisation et de l'avènement de l'industrie 4.0, non seulement nous renforçons vos opérations, mais nous contribuons aussi plus efficacement à la création d'un avenir fructueux pour les mines et les tunnels.

***Nous soutenons le progrès.***

## Des solutions de système éprouvées

En tant que partenaire de confiance des entrepreneurs de forage de tunnels et des entreprises de construction, nos produits et systèmes ont été utilisés dans le cadre de nombreux projets dans le monde entier. Partout où nous travaillons, notre expertise et notre fiabilité apportent une valeur ajoutée aux opérations, contribuant à renforcer le progrès dans le domaine du forage de tunnels ainsi que la croissance économique des pays et des régions.

Nos solutions de système couvrent à la fois les systèmes d'excavation et de soutènement du sol, y compris les boulons autoforant, le système de tubes AT pour voûte parapluie, ainsi qu'une large gamme de produits chimiques d'injection. Grâce au soutien d'une équipe d'ingénieurs dévoués, nous pouvons résoudre tous les problèmes d'application, quelles que soient les conditions de terrain.

Si nécessaire, nous concevons et développerons également des solutions personnalisées ou assurerons la formation et la supervision de l'installation.

Alors que les villes deviennent souterraines et que les projets sont de plus en plus ambitieux, nous améliorons notre capacité à soutenir le secteur du forage de tunnels en recourant à de nouvelles technologies. Qu'il s'agisse de systèmes d'injection et d'étanchéité, de soutènement passif, de systèmes d'assèchement par forage ou de notre système pionnier de barre creuse DSI, nous proposons une gamme complète de solutions pour que vos opérations de forage de tunnels se déroulent efficacement. Obtenez tout ce dont vous avez besoin auprès d'un seul et même fournisseur. En travaillant à vos côtés, nous vous aidons à progresser de manière sûre et durable.



# Le passé, le présent et l'avenir

## Patrimoine

Nos contributions pionnières dans le secteur du forage de tunnels reposent sur deux entreprises, qui font désormais partie de DSI.

Commercial Shearing & Stamping Co basée à Youngstown, Ohio (États-Unis), fournit des tôles de revêtement en acier pour le soutènement des tunnels depuis les années 1920. ALWAG Tunnelausbau Gesellschaft m.b.H. a été fondée dans les années 1980 à titre de fournisseur de systèmes pour le secteur européen du forage de tunnels. Elle a contribué de manière significative au développement de systèmes modernes de contrôle des terrains pour la construction des tunnels.

DSI a mené des recherches pionnières et approfondies dans le domaine des solutions de contrôle des terrains pour le forage de tunnels.

Commercial Shearing & Stamping Co, une société antérieure à notre entreprise North American Tunneling, a coécrit deux des publications les plus importantes dans ce domaine :

*Rock Tunneling with Steel Supports* et *Earth Tunneling with Steel Supports*.

Le développement de systèmes de boulonnage et d'enfilage de pointe a été rendu possible par l'introduction de la technologie d'installation autoforante.

Par la suite, des normes communes d'installation mécanisée ont été établies dans l'ensemble du secteur mondial du forage des tunnels. DSI a joué un rôle important dans cette évolution en introduisant les systèmes AT et ALWAG (système de tubes AT pour voûte parapluie et unité d'automatisation AT) en 1998.

## Aujourd'hui

Le forage de tunnels est l'un des travaux les plus difficiles, les plus exigeants et en même temps les plus fascinants du génie civil. Les tunnels modernes sont de plus en plus longs et présentent souvent des sections transversales plus importantes. Le respect de réglementations environnementales strictes, les exigences en matière de protection contre les incendies et de ventilation modernes, ainsi que les fonctions de surveillance continue, augmentent la pression exercée

sur tous les partenaires impliqués dans l'écosystème.

Grâce à des solutions éprouvées et innovantes, nous favorisons un forage de tunnels sécurisé. Notre portefeuille mondial de produits et de services comprend des boulons, des systèmes d'injection et d'étanchéité, des systèmes d'enfilage et de soutènement passif, ainsi que des systèmes de soutènement spéciaux.

Nos produits et systèmes sont utilisés dans d'innombrables projets dans le monde entier, sur tous les continents. Partout où nous travaillons, notre expertise et notre fiabilité contribuent à rendre le forage de tunnels plus sûr, plus économique et plus efficace. DSI propose une gamme complète de solutions de contrôle des terrains. Obtenez tout ce qu'il vous faut après d'un seul et même fournisseur.

## Perspective

À l'avenir, la multiplication des projets d'infrastructure à l'échelle mondiale entraînera une augmentation de l'activité dans le domaine de la construction souterraine. L'espace de construction en surface se raréfie, tandis que les transports publics gagnent en importance. Récemment, d'importantes avancées technologiques ont été réalisées dans le domaine des technologies numériques, offrant un large éventail d'applications et renforçant la sécurité souterraine. Nous avons également beaucoup investi dans ce domaine afin de fournir à nos clients des solutions efficaces, sûres et à la pointe de la technologie.

Notre succès repose sur quatre piliers importants.

**La confiance** : l'instauration de la confiance prend du temps et nécessite de l'expertise, de la transparence et un engagement agile et axé sur le client. Nous comptons plus de 100 ans d'expérience et nous appuyons sur notre expertise mondiale, étant présents dans plus de 70 pays.

**Les partenariats à long terme** : l'attention que nous portons aux coûts de cycle de vie et aux stratégies de transformation numérique nous aide à établir et à développer des relations fructueuses à long terme. Pour ce faire, nous tirons parti des bonnes pratiques mondiales et de la numérisation avec de véritables ressources locales afin d'offrir un nouveau visage aux chaînes d'approvisionnement (e-local).

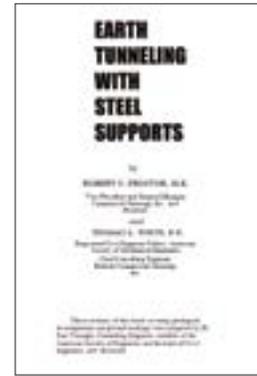
**La durabilité sociale** : en travaillant localement, nous créons des emplois et investissons dans les communautés tout en contribuant à réduire les émissions et les coûts de transport. Nous utilisons également un large éventail de technologies numériques pour soutenir et améliorer les opérations de manière durable.

**La transformation numérique** : soutenus par un écosystème numérique résilient, nous élaborons de nouvelles façons de soutenir nos clients. DSI est présent numériquement et à distance, avec des simulateurs VR pour soutenir le cycle de vie des consommables et gérer les exigences croissantes en matière de productivité et de sécurité.

Rock Tunneling with Steel Supports (1946)



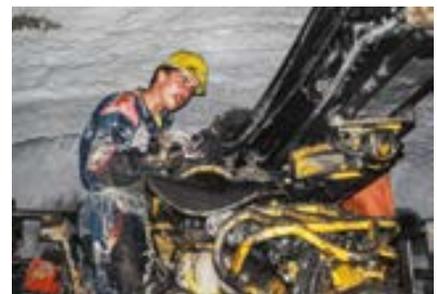
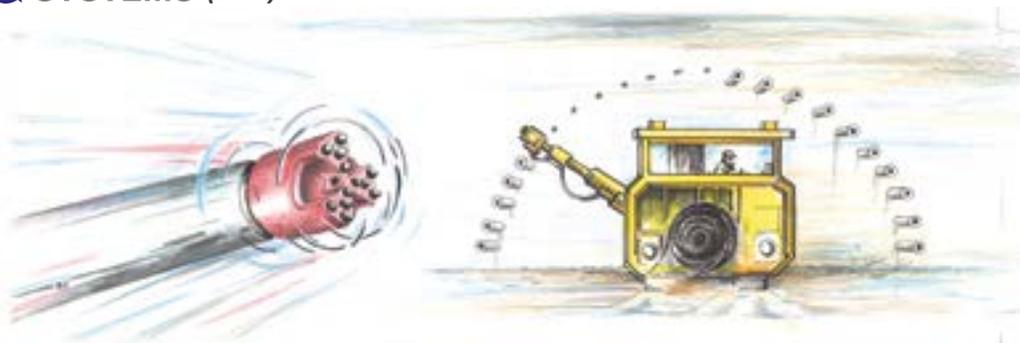
Earth Tunneling with Steel Supports (1977)



Tunnel routier de l'Arlberg (1974)



**ALWAG SYSTEMS** (1998)



# Carte du monde des projets



**1** Projet de tunnel de métro  
Melbourne, Australie



**2** Station de métro Pitt Street  
de Sydney  
Sydney, Australie



**6** City Rail Link  
Auckland, Nouvelle-Zélande



**3** Projet hydroélectrique Nikachhu  
Trongsa, Bhoutan



**7** T219 et T225  
Singapour, Malaisie



**11** Station de Chinatown  
San Francisco, Californie,  
États-Unis



**4** Central Kowloon Route  
Hong Kong, Chine



**8** Eglinton Crosstown LRT  
Toronto, Canada



**12** Tysons Corner, Dulles Corridor  
Metrorail Project  
Vienna, Virginie, États-Unis



**4** C1103-Hong Kong  
Hong Kong, Chine



**9** Projet de remplacement de la  
centrale John Hart  
Campbell River, Colombie-  
Britannique, Canada



**13** Drumanard Tunnel  
Louisville, Kentucky,  
États-Unis



**15** Tunnel de base du Semmering  
Spital am Semmering,  
Autriche



**17** Tunnel de Koralm  
Vallée de Lavant, Autriche



**5** Tunnel Rohtang  
Himachal Pradesh, Inde



**10** Edmonton LRT  
Edmonton, Canada



**14** Centrale hydroélectrique de  
Moglicë  
Moglicë, Albanie



**16** Autoroute A26  
Linz, Autriche



**18** Tunnel de base du Brenner  
Innsbruck, Autriche



**29** Tunnel Transolímpica  
Rio de Janeiro, Brésil



**30** Centrale hydroélectrique  
Alto Maipo  
Vallée de Maipo, Chili



**31** Autoroute AVO I  
Santiago, Chili



**31** Extension de la ligne 3 du métro  
Santiago, Chili



**32** Túnel del Toyo  
Giraldo, Colombie



**33** Tren Interurbano  
Mexico, Mexique



**19** ATCOST21 Stuttgart,  
Allemagne



**22** Grand Paris Express  
Paris, France



**24** HS2  
Londres, Grande-Bretagne



**20** Tunnel d'Arlinger  
Pforzheim, Allemagne



**23** Train à grande vitesse Turin-Lyon  
Saint-Michel-de-Maurienne,  
France



**25** Galleria Floronzo  
Pflaenz, Italie



**27** Tunnel Pekel  
Žalec, Slovénie



**21** Métro d'Alger  
Alger, Algérie



**24** Thames Tideway  
Londres, Grande-Bretagne

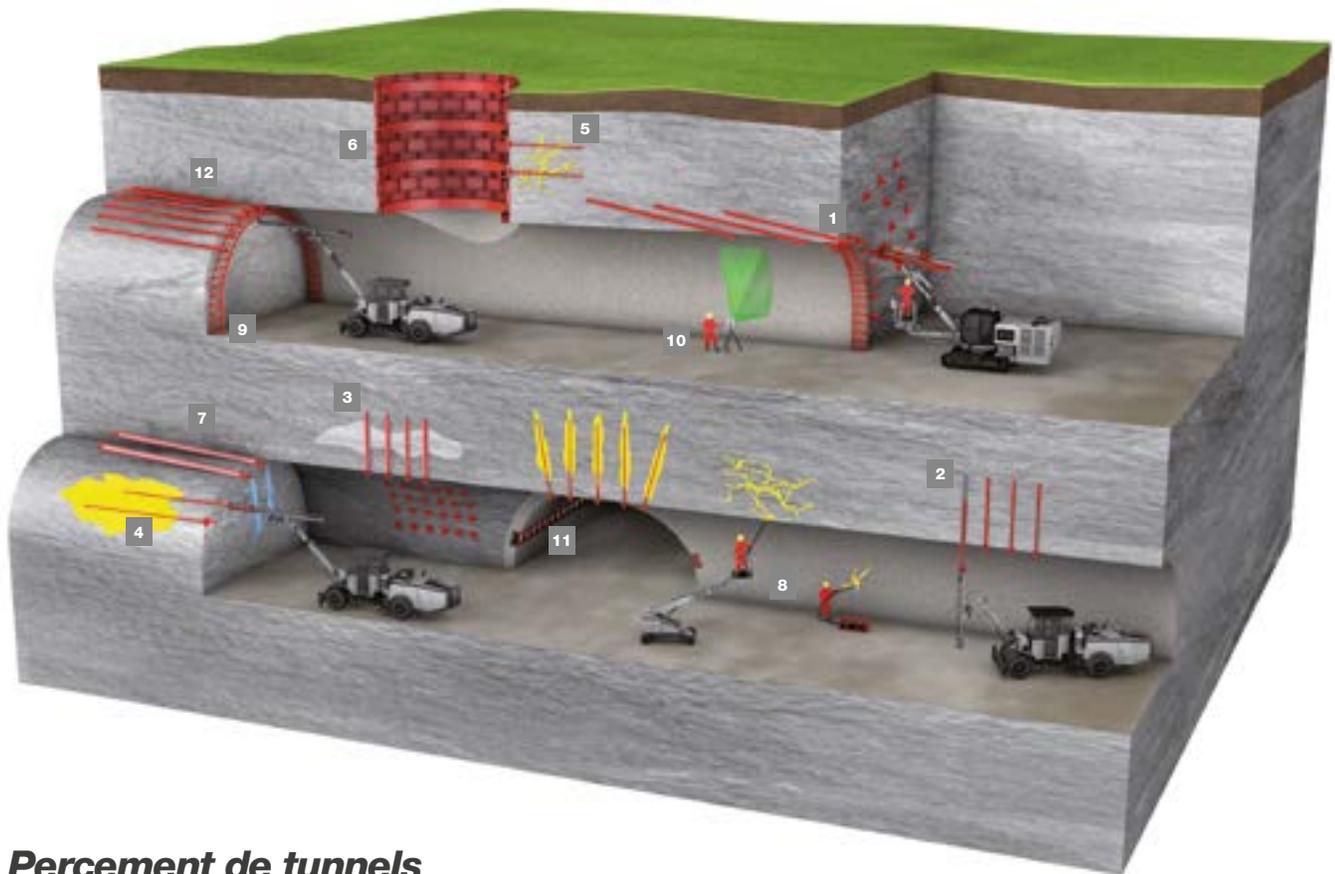


**26** Voie rapide S1  
Węsierska Górka, Pologne



**28** Train à grande vitesse Gautrain  
Johannesburg, Afrique du Sud

# Solutions de système

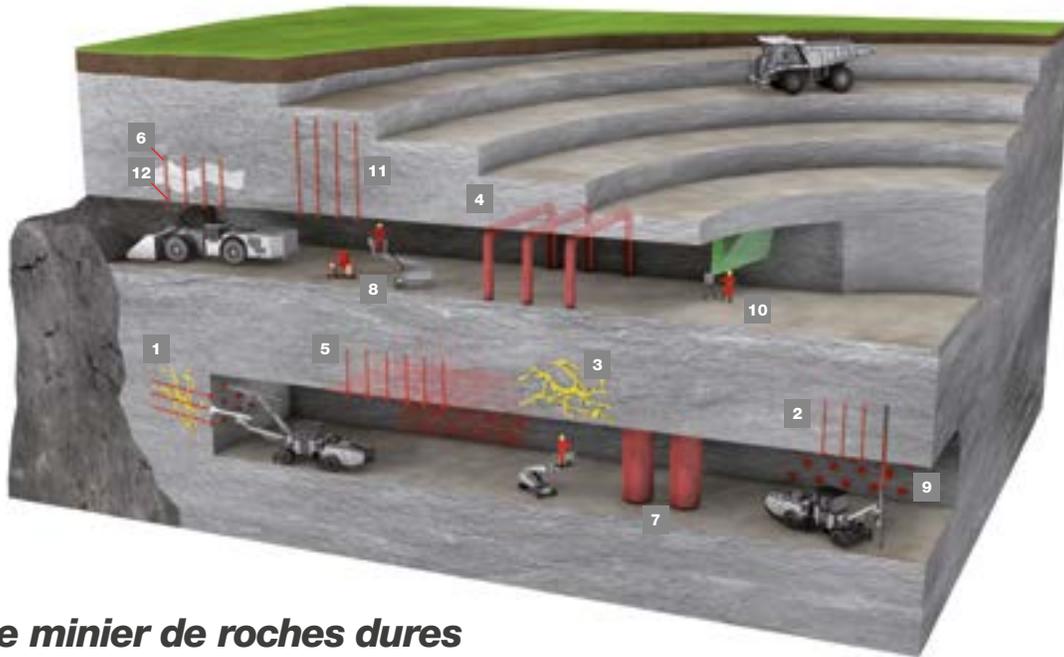


## Percement de tunnels

- 1 Système de tubes AT pour voûte parapluie et unité d'automatisation
- 2 Boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT®
- 3 Boulons SN et cartouches de résine FASLOC®
- 4 Résine de boulonnage au silicate Mineral Bolt et boulons en PRV

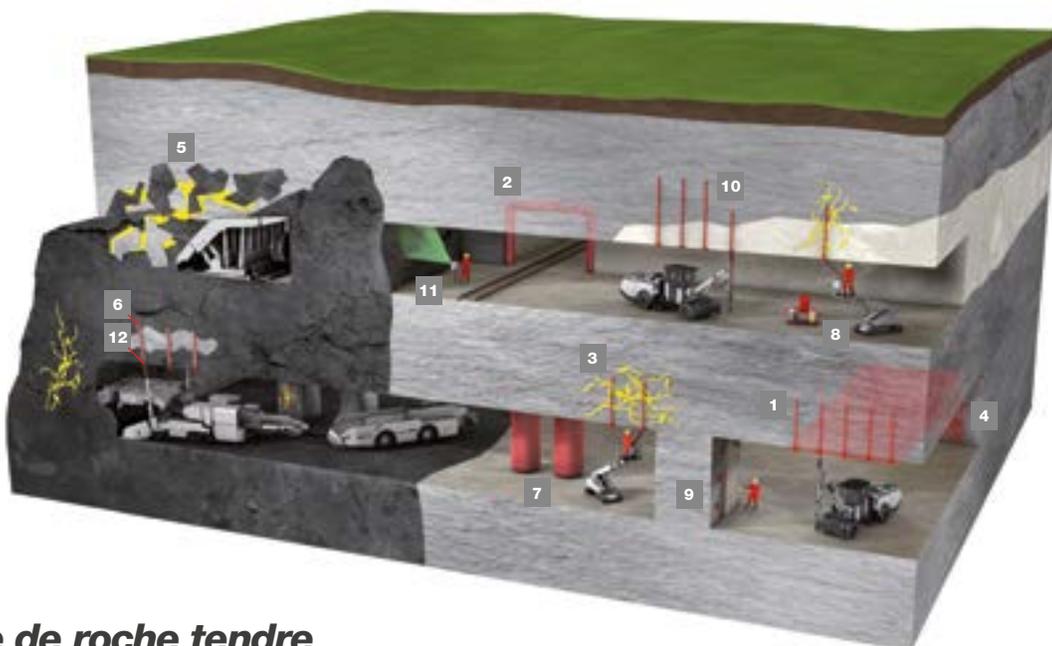
- 5 Système de barre creuse DSI
- 6 Tôles de revêtement et nervures en acier
- 7 Système d'assèchement AT
- 8 Systèmes d'injection DSI

- 9 Poutres en treillis
- 10 Systèmes de surveillance
- 11 Éléments LSC™
- 12 AT – TUBESPILE™



## Forage minier de roches dures

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <b>1</b> Coulis spéciaux et système de barre creuse DSI                | <b>5</b> Boulons frottants et treillis                 | <b>9</b> Boulons à absorption d'énergie |
| <b>2</b> Boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT®                     | <b>6</b> Cartouches de résine FASLOC®                  | <b>10</b> Systèmes de surveillance      |
| <b>3</b> Produits chimiques et mousses d'injection Strata              | <b>7</b> Piliers de soutènement BULLFLEX®              | <b>11</b> Boulons à câble               |
| <b>4</b> Nervures en acier et remblai de soutènement de toit BULLFLEX® | <b>8</b> Résine de boulonnage au silicate Mineral Bolt | <b>12</b> Boulons à barre d'armature    |



## Minage de roche tendre

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <b>1</b> Boulons à frottement expansifs OMEGA-BOLT®                    | <b>5</b> Mousse de comblement de cavités Mine Fill     | <b>9</b> Boulons à absorption d'énergie |
| <b>2</b> Nervures en acier et remblai de soutènement de toit BULLFLEX® | <b>6</b> Cartouches de résine FASLOC®                  | <b>10</b> Système de barre creuse DSI   |
| <b>3</b> Produits chimiques d'injection Strata et boulons PRV          | <b>7</b> Piliers de soutènement BULLFLEX®              | <b>11</b> Systèmes de surveillance      |
| <b>4</b> Boulons frottants et treillis                                 | <b>8</b> Résine de boulonnage au silicate Mineral Bolt | <b>12</b> Boulons à barre d'armature    |

# Compétences de fabrication

## Systeme de barre creuse DSI



### Installation

- Centre de compétences mondial pour le système de barre creuse DSI à Pasching, Autriche
- Production de barres creuses reposant sur la technologie de laminage à froid propre à DSI
- Sécurité optimale grâce à une ligne de production entièrement fermée et automatisée
- Développement, test et approvisionnement en accessoires du système

### Portefeuille

- Système de barre creuse DSI
  - Série R32
  - Série R38
  - Série R51
  - Série T76
- Barres entièrement filetées (type CR)
- Accessoires du système
  - Système d'entrepôt central à hauts rayonnages

### Chiffres

- Capacité annuelle totale
  - Barre creuse de référence R32 avec 4 [kg/m]
  - Jusqu'à 5,6 millions [m] / jusqu'à 22 500 [t]
- Vitesse de laminage à froid
  - 13 [m/min]
- Assurance qualité
  - Suivi des performances clés
  - Système de production DSI basé sur le TPS et la gestion allégée

## Systeme de tubes AT pour voûte parapluie



### Installation

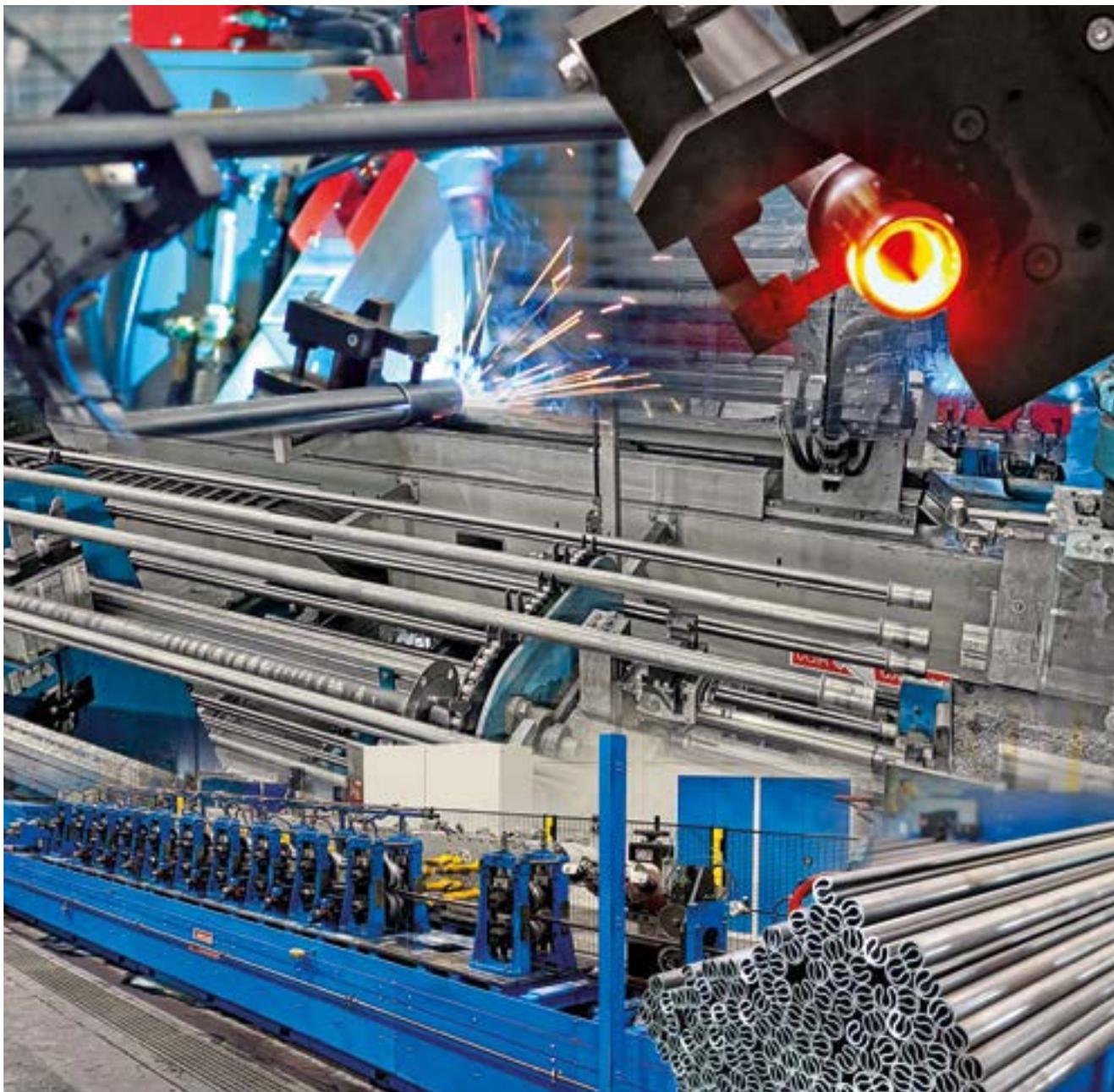
- DSI Underground MEROL : installation centrale de production de tubes pour voûte parapluie à raccord à emboîtement
- TUBE Tirol
  - Centre de recherche et de développement
  - Fabrication d'unités de démarrage (forets)
  - Assemblage et entretien de l'unité d'automatisation AT

### Portefeuille

- Systeme de tubes AT pour voûte parapluie
  - AT - 89
  - AT - 114
  - AT - 139
- Systeme d'assèchement AT
- Systeme d'injection PRV AT
- Unité de compression et d'automatisation AT

### Chiffres

- Capacité hebdomadaire pouvant aller jusqu'à 100 [t] de tubes pour voûte parapluie à raccord à emboîtement
- Station de forage entièrement mécanisée pour les trous d'injection de voûte parapluie
- Atelier CNC :  
CTX BETA 1250 TC 4A et  
CTX BETA 800 4A



## Installation

- Centre mondial de fabrication d'OMEGA-BOLT® à Stalowa Wola, Pologne
- Production de profilés OMEGA-BOLT® reposant sur la technologie de laminage à froid
- Lignes de soudage robotisées entièrement automatisées
- Laboratoire d'assurance qualité intégré

## Portefeuille

- Boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT®
  - EFB-120
  - EFB-160
  - EFB-200
  - EFB-240
  - EFB-120+
  - EFB-240+
- OMEGA-BOLT® 240/240+ raccordable
- Gamme complète de plaques plates et bombées
- Pompes de gonflage pneumatiques et électriques haute pression

## Chiffres

- Capacité de production mensuelle : EFB-120, L = 2,1 [m] : 120 000 [pcs]
- Consommation mensuelle totale d'acier : environ 1 200 [t]
- Vitesse de laminage à froid EFB-120 : 30 [m/min]
- Assurance qualité garantie à 100 % par des essais non destructifs (E.N.D.)

## Produits chimiques d'injection et cartouches de résine



### Installation

- Centre de compétences mondial pour les produits chimiques d'injection et les cartouches de résine
- Usine en Pologne, dans la région de Katowice
  - La technologie de production de pointe permet d'obtenir un rendement et une efficacité optimaux
  - Lignes de production entièrement automatisées pour les produits chimiques d'injection (5) et les cartouches de résine (2)
  - Programme de production sur mesure sur demande
- Structures de recherche et de développement couvrant l'ensemble du portefeuille de produits
- Installation intégrée d'essais sur le terrain (mine d'essai)

### Portefeuille

- Résines d'injection
  - Polyuréthane
  - Silicate
  - Acrylique
  - Phénolique
- Cartouches de résine
  - À une vitesse ou à deux vitesses (DUO Speed)
  - À base d'eau ou d'huile
  - Versions pour le forage de tunnels ou l'exploitation minière
  - Pour une installation manuelle ou mécanisée
- Équipements et accessoires d'injection

### Chiffres

- Capacité annuelle totale
  - Résine d'injection : 20 000 [t]
  - Cartouches de résine : 16 000 000 [pcs]
- Assurance qualité
  - Système intégré de contrôle de la qualité : matières premières et produits finis
  - Certification ISO 9001 : 2015 et ISO 14001 : 2015

## Tôles de revêtement et nervures en acier



### Installation

- Centre de compétences pour les systèmes de soutènement passif du sol à Louisville, Kentucky, États-Unis
  - Tôles de revêtement en acier estampé
  - Nervures en acier et segments pour arbre
  - Systèmes modulaires de poutres en treillis
- Installation d'ingénierie et de production de 70 000 pieds carrés

### Portefeuille

- Formation de poutres jusqu'à 27", soit 700 mm (HEB 700)
- Tôles de revêtement en acier d'une épaisseur allant de 12 de calibre à 3/8" (9,5 mm)
- Systèmes spatiaux de poutres à 3, 4, 6 et 8 barres
- Systèmes de soutènement modulaires pour les ouvertures (galeries d'accès)

### Chiffres

- Capacité annuelle totale supérieure à 20 000 tonnes d'acier
- Moyenne de 191 soumissions en ingénierie par an
- Assurance qualité
  - Certification ISO 9001 : 2015
  - Suivi des performances clés
  - Gestion allégée et TPS

## Boulons combinés



### Installation

- Bennetts Green, Nouvelle-Galles du Sud, Australie : superficie totale du site de 20 113 [m<sup>2</sup>]
- Fabrication de barres pleines pour boulons d'ancrage : filetage fin par roulage
- Usinage de précision
  - Fraisage, tournage et électroérosion CNC
- Site de production de Brisbane (QLD) : galvanisation
- Laboratoire d'essais avec une capacité d'essais de traction allant jusqu'à 100 [t]

### Portefeuille

- Boulons de type combiné
  - CT400
  - CT26WR
- Boulons à câble
  - 15,2 [mm], 17,8 [mm], 21,8 [mm], 23,5 [mm], 28 [mm]
  - Versions standard et à double protection contre la corrosion (DPC)
- Plaques et rondelles de soutènement de surface

### Chiffres

- Capacité annuelle de production de barres pleines : 25 000 [t] (usine Bennetts Green uniquement)
- Capacité d'emboutissage lourd jusqu'à 300 [t] à 40 pièces par minute
- Certification ISO 9001 : 2015

# Qualité

## Introduction

Chez DSI Underground, la qualité est notre métier et est au cœur de nos actions quotidiennes. Afin de garantir la mise en œuvre des exigences de qualité dans tous les domaines, du développement à l'application, nos usines de production sont certifiées conformément à la norme ISO 9001. Des audits internes et externes réguliers permettent d'examiner et de promouvoir activement le développement du système de gestion de la qualité.

La qualité ne constitue pas un objectif, mais un processus continu. Il s'agit d'ailleurs de l'un des principes fondamentaux de la gestion de la qualité totale (GQT). Nous sommes engagés dans la gestion de la qualité totale à l'échelle mondiale et travaillons conformément à ses trois principes de base :

- Total : intégration de tous les employés contribuant à la fabrication des produits ou des systèmes dans le processus de gestion de la qualité
- Qualité : alignement permanent de toutes les activités de l'entreprise sur les attentes des clients
- Gestion : responsabilité et exemplarité des cadres supérieurs sur la base d'un leadership participatif et axé sur le travail d'équipe

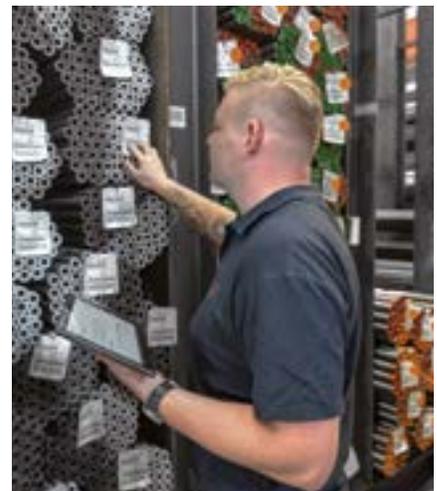


L'assurance qualité suppose une équipe d'experts chevronnés ainsi que des instruments et des équipements appropriés. Le centre de compétences en matière de forage de tunnels de DSI Underground Austria est équipé des principaux équipements suivants :

- Machine d'essai de traction horizontale de grande capacité de type DSI Hotz 3000/250 (3 000 [kN] max, longueur d'échantillon 3 [m])
- Machine d'essai de traction verticale de type Zwick/Roell Z1200 (1 200 [kN] max)
- Duromètre universel de type Zwick/Roell ZHU250CL (HRC, HV, HB)
- Instrument de mesure de profil de surface de type Marsurf PCV (précision comprise entre 0,005 et 0,020)
- Large gamme d'équipements de terrain pour la tension des ancrages et les essais de traction



DSI Underground coopère également avec des instituts de recherche universitaires et des centres d'essai gouvernementaux, afin de pouvoir évaluer les systèmes de contrôle des terrains avant, pendant et après la phase de construction. Pour faciliter le contrôle de la qualité sur le terrain, des outils de contrôle de la qualité personnalisés servant à l'inspection de divers produits peuvent être fournis sur demande.



# Recherche et développement

En tant que leader du marché, DSI Underground est présent dans toutes les régions souterraines du monde, fournissant des solutions personnalisées à des clients du monde entier. La devise de DSI Underground est « apprendre des meilleurs à tous les niveaux » pour poursuivre les développements et les innovations en fonction des besoins des clients. L'environnement de l'entreprise doit être une base fructueuse pour la coopération, la responsabilité, le défi, la créativité et l'engagement des employés et du personnel.

La disposition au changement de DSI Underground permet à l'entreprise de rester à la pointe des évolutions sociales, technologiques et économiques. Par conséquent, DSI Underground poursuit une stratégie axée sur la recherche et l'exploitation de l'innovation, ainsi que sur le développement durable des ressources humaines pour rester agile face aux défis futurs.



- Connaissance du marché
  - Connaissance très précise du marché afin d'adapter les produits ou les services aux exigences du marché ou de répondre aux souhaits latents des clients
  - Les clients sont intégrés dans le processus d'innovation
- Partenaires stratégiques
  - Collaborations avec des partenaires extérieurs : alliances stratégiques, partenaires de réseau, universités et centres de recherche
- Culture de l'innovation radicale
  - Les valeurs fondamentales sont la prise en considération adéquate des risques, la proactivité et un certain degré de tolérance aux pannes
- Réseaux internes
  - Le renforcement des réseaux internes permet la communication entre les services ou les sites afin de mettre en œuvre et de développer de nouvelles tendances et idées
  - DSI Underground promeut des canaux de communication simples et une culture de communication ouverte au sein des équipes mondiales

## Stratégie d'innovation

### Exploitation : amélioration et optimisation (accent mis sur la gestion)

- Bonnes pratiques
  - Augmenter l'efficacité grâce à des processus d'apprentissage
- Gestion allégée
  - Optimisation de l'utilisation des ressources
- Gestion de la qualité (ISO 9001)
  - Création de procédures claires et de structures, tâches et responsabilités stables



### Exploration : expérimentation et innovation (accent mis sur le leadership)

- Gestion de projet agile
  - Les processus flexibles permettent d'exploiter le changement pour donner un avantage concurrentiel au client
- Culture de l'erreur positive
  - Les employés apprennent de leurs erreurs et évitent de les répéter, ce qui permet de gagner du temps et de favoriser la connaissance
- Innovation ouverte
  - Ouverture du processus d'innovation autour de la participation active et stratégique des clients et des partenaires afin d'accroître le potentiel

# Numérisation

## Gestion et intégrité des données



## Boulon numérique



# *Installation mécanisée*

## **Introduction**

En coopération avec les principaux fabricants mondiaux d'équipements d'origine pour le forage de tunnels, DSI Underground est en mesure de développer des unités de fixation personnalisées qui permettent une installation entièrement mécanisée des systèmes de contrôle des terrains. Le système le plus reconnu sur le marché est probablement l'« Unité d'automatisation AT », qui est utilisée pour l'installation du système de tubes AT pour voûte parapluie.

Un autre domaine important de la mécanisation est l'installation de boulons. Le système de barre creuse DSI est le boulon le plus populaire pour les installations par autoforage. Ces systèmes ont été développés dans les années 1980 pour être utilisés en combinaison avec des jumbos de forage de tunnels standard. Ils peuvent être installés soit

de manière semi-mécanisée, soit de manière entièrement mécanisée avec un magasin de boulons et un bras de scellement.

De récents développements révolutionnaires dans le domaine du forage de tunnels ont eu lieu en Australie, où les boulons sont uniquement installés de manière entièrement mécanisée, c'est-à-dire que toutes les étapes de l'installation sont mécanisées et contrôlées manuellement. Les plus courants sont les boulons à barre d'armature combinés, qui associent un ancrage mécanique et un boulon entièrement injectés. Un autre type de boulon spécial entièrement mécanisé qui a été introduit récemment est le boulon à câble combiné.

DSI Underground offre une expertise combinée unique dans le développement de concepts d'installation mécanisés à la fois pour les éléments de soutènement (par exemple les boulons) et les matériaux de liaison (par exemple la résine).

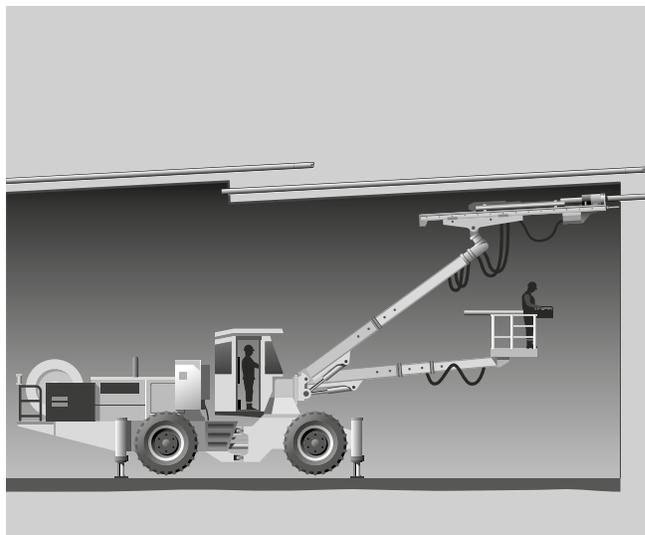
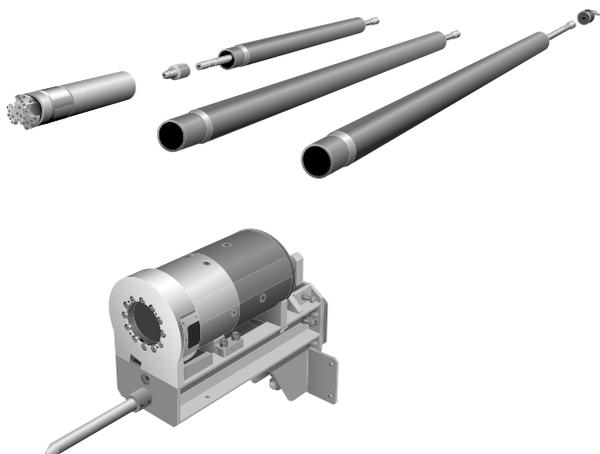
## **Exigences**

- Polyvalence
- Simplicité d'utilisation
- Conception personnalisée
- Poids minimal des unités de fixation
- Manipulation télécommandée
- Interfaces faciles à entretenir

## **Principaux avantages**

- Réduction du nombre d'équipements en service
- Réduction des besoins en main-d'œuvre
- Amélioration du contrôle de la qualité
- Amélioration de la sécurité au travail
- Séquence de travail simplifiée et réduction de la durée du cycle

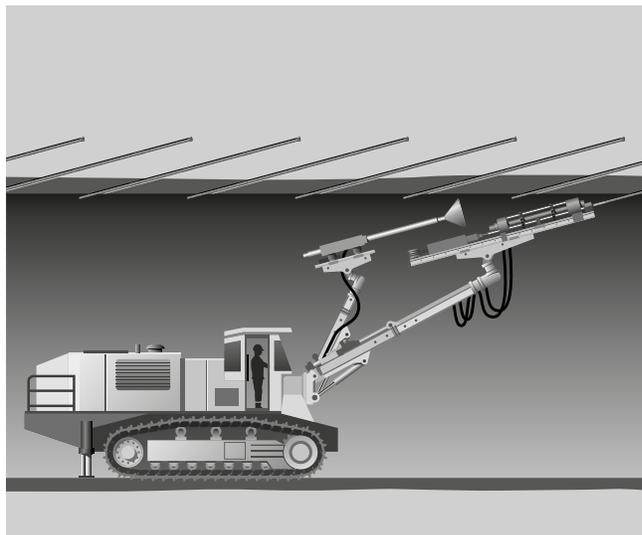
## **Système de tubes AT pour voûte parapluie**



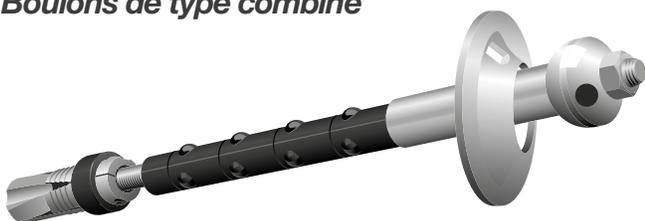
## Système de barre creuse DSI



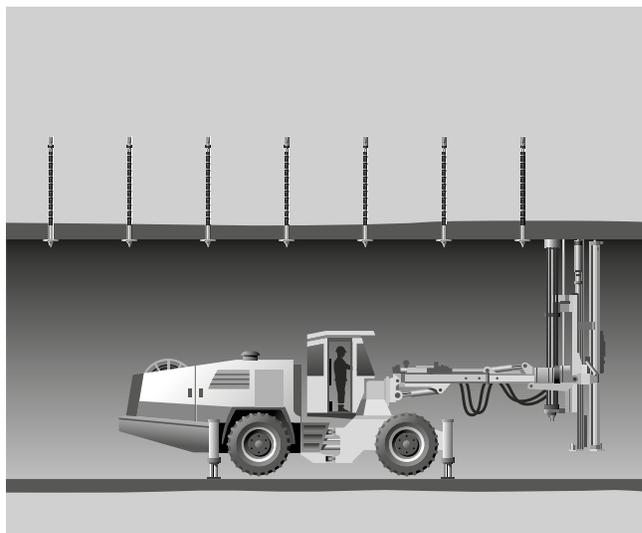
Séquence opérationnelle	Semi-mécanisée	Entièrement mécanisée
Forage de trous	Jumbo	Jumbo
Insertion	Pendant le forage	Pendant le forage
Extension (raccords)	Manuelle	Magasin
Scellement postérieur	Manuelle (panier de chargement)	Bras de scellement
Tension	-	-



## Boulons de type combiné



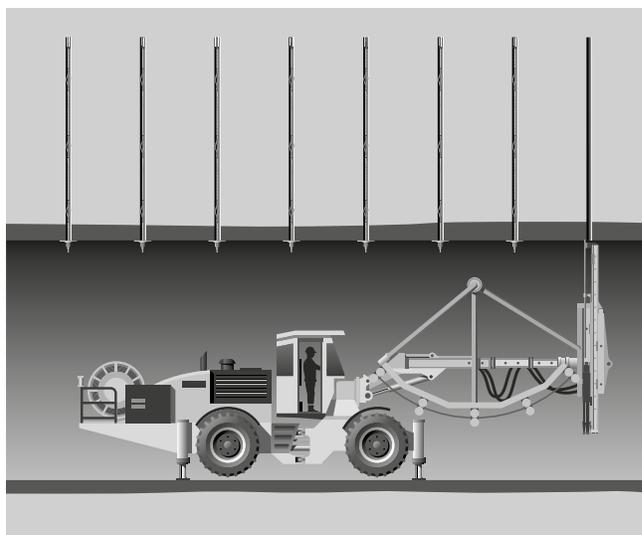
Séquence opérationnelle	Semi-mécanisée	Entièrement mécanisée
Forage de trous	Jumbo	Alimentation de forage
Insertion des boulons	Manuelle (panier de chargement)	Alimentation en boulons
Tension		Alimentation en boulons
Scellement postérieur		Bras de scellement



## Boulons à câble



Séquence opérationnelle	Conventionnelle	Mécanisée
Forage de trous	Jumbo	Alimentation de forage
Insertion des boulons	Manuelle (panier de chargement)	Bras pendulaire
Tension		Tube d'ancrage
Scellement postérieur		Bras de scellement



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

# Réalité virtuelle

## Sécurité accrue

Formation virtuelle de pointe avant le début de la construction

## Qualité améliorée

Les simulateurs basés sur la réalité virtuelle augmentent les performances des opérateurs, qu'ils soient novices ou expérimentés. Ils sont fournis par

**EDVIRT**

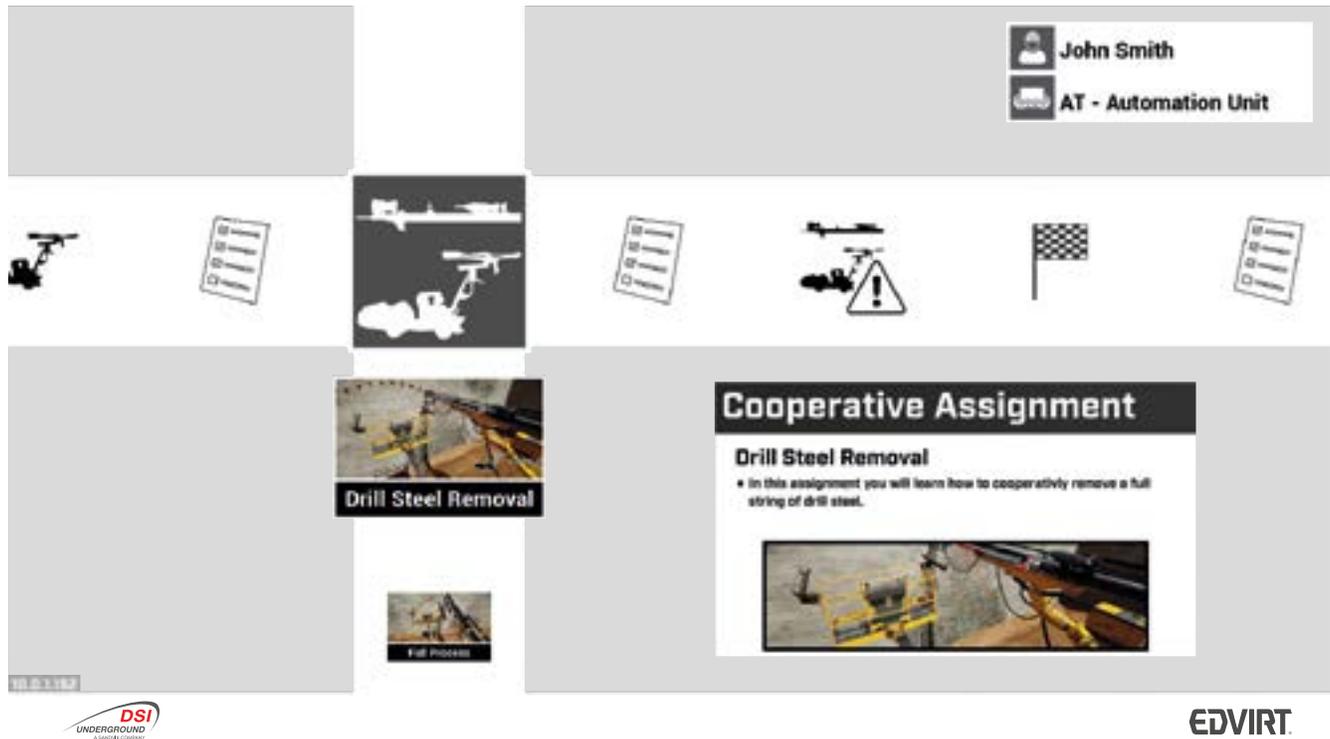
## Coûts optimisés

Les simulateurs et les formations sont conçus pour réduire les coûts et améliorer l'utilisation des machines

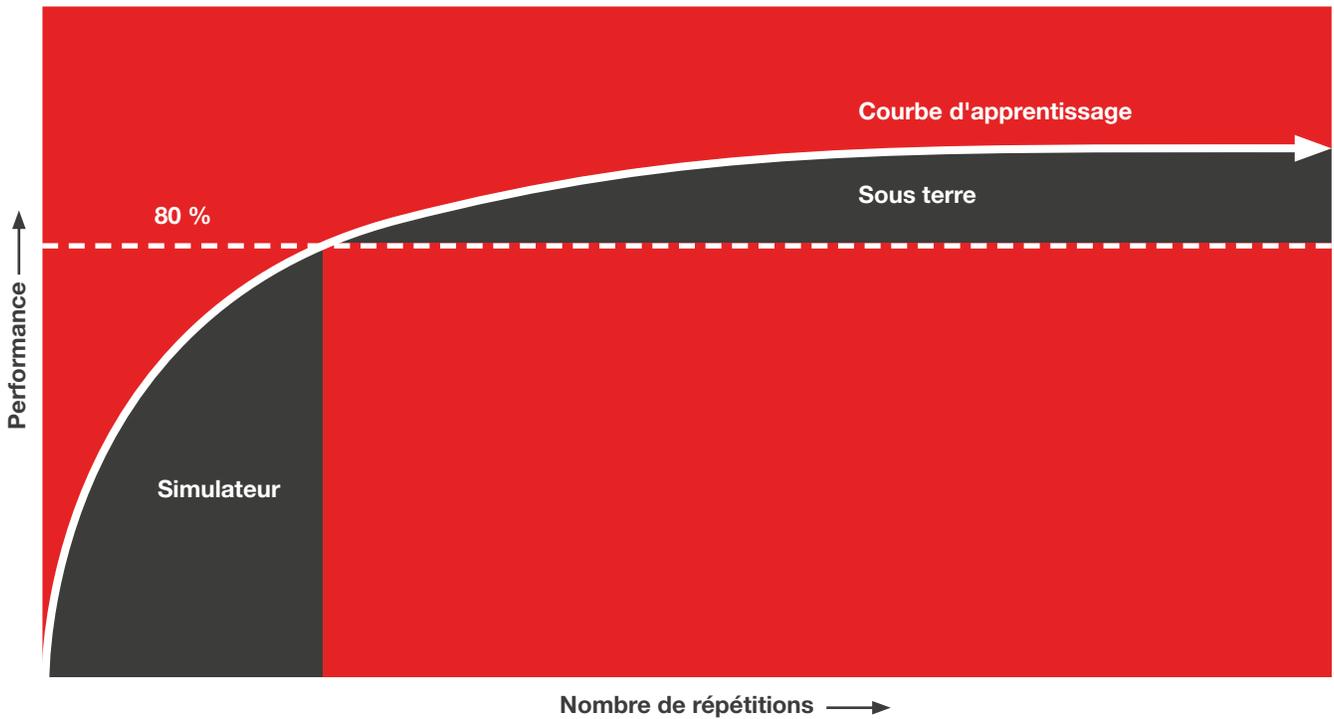


## Introduction

- Le premier simulateur de formation en réalité virtuelle (VR) pour l'installation de voûtes parapluie
- Formation de pointe pour les opérateurs de jumbos de forage et de nacelles
- Processus de simulation très réaliste et authentique
- Entraînement avec un simulateur intégrant des scénarios de réalité virtuelle, combiné à des modules théoriques complets
- Formation des opérateurs dans un environnement sûr, sans risque d'accident ou d'endommagement de la machine
- Assistance à distance lors du montage, de la mise en service, de la maintenance et de l'exploitation

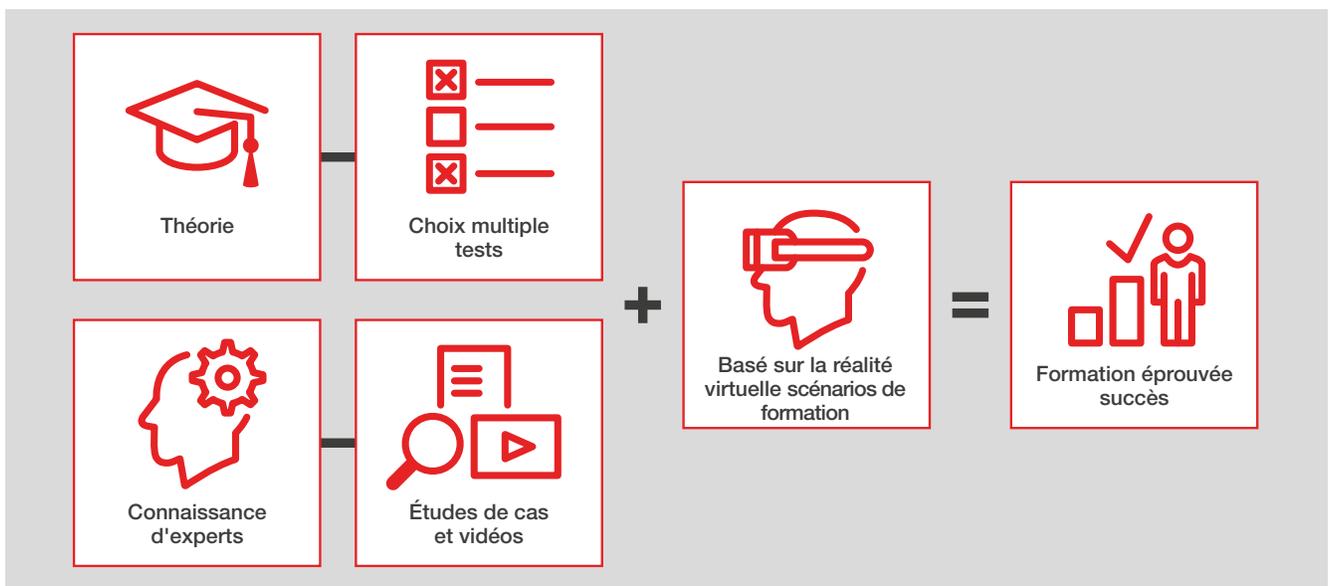


## Renforcement des compétences



## Programme de formation

- Formation modulaire et évaluations avec analyse de la performance basée sur l'utilisateur
- Études de cas vidéo intégrées illustrant les bonnes pratiques dans un environnement souterrain
- Renforcé par les contributions d'experts mondiaux du secteur
- Formations complètes, personnalisées et certifiées
- Formation sur simulateur multi-utilisateurs où deux opérateurs et un formateur peuvent conjointement participer à une formation en réalité virtuelle basée sur des scénarios.
- Formation dispensée en personne ou à distance
- Conseils personnalisés axés sur les projets





# / Boulons /





## Contenu

Introduction	32
Composants du système	33
Sélection et classification des boulons	33
Protection contre la corrosion	38
<b>Système de barre creuse DSI</b>	<b>40</b>
Fixations pour roches et sols	43
Lances d'injection et pointes	45
Taillants	48
Installation par autoforage	50
Boulon à coquille d'expansion S-D	53
Coquille d'expansion	55
Tête d'ancrage élastique	56
Raccord pour injection ultérieure	57
Écrous utilitaires, éléments d'ancrage et adaptateurs de forets	58
Équipement d'injection	59
<b>Lié de manière continue</b>	<b>60</b>
Boulons à barre d'armature (boulons SN)	60
Système de barre pleine DSI	64
Ancrages à barre pleine DSI	67
Boulons en PRV	68
Boulons à câble	72
Ancrages à torons	75
Tendeurs de boulons à câble	76
<b>Frottement continu</b>	<b>78</b>
Boulons frottants	78
Boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT®	80
<b>Ancrages mécaniques</b>	<b>84</b>
Ancrages mécaniques à barre d'armature	84
Ancrage mécanique à barre pleine DSI	86
<b>Absorption d'énergie</b>	<b>88</b>
Barres pleines – Dynamic Posimix	89
Barre pleine - Boulon à palettes	90
Barre creuse dynamique	91
Type frottant – POWER SET	92
Type frottant – OMEGA-BOLT® dynamique	94
<b>Type combiné</b>	<b>96</b>
Boulons combinés à barre d'armature	96
Boulon combiné à câble	102
Boulons combinés en PRV	102
Boulon combiné à barre creuse	103
<b>Agents de liaison</b>	<b>104</b>
Cartouches de résine	105
Mineral Bolt – Résines de boulonnage par injection au silicate	110
Cartouches de ciment	115
Pompes à mélange de coulis DSI MAI®	116
Débitmètre-pressiomètre d'injection DSI MAI® LOG	118
<b>Accessoires</b>	<b>120</b>
Plaques	120
Longrines	121
Équipement d'essai de traction	122
Équipements de forage de roche	124
Divers	125

## Introduction

Les excavations souterraines sont généralement soutenues par des boulons radiaux, du béton projeté armé et, si nécessaire, par des voûtes en acier. Alors que le revêtement en béton projeté fournit un soutènement passif, les boulons radiaux stabilisent et renforcent le sol environnant et créent ce que l'on appelle une arche de soutènement dans cette zone. L'objectif principal est d'augmenter la capacité du sol en ce qui concerne la charge de cisaillement et la tension. Les boulons sont un élément essentiel du soutènement primaire pour la construction de tunnels et doivent également être sélectionnés en tenant compte des conditions de terrain prévues.

Les boulons sont installés soit par autoforage, c'est-à-dire que le forage et l'installation du boulon ont lieu simultanément, soit dans des trous prépercés. Une fois installés, les boulons peuvent être activés par précontrainte, par une tension au niveau de la tête du boulon, ou ils peuvent être laissés tels quels, puis être activés par les déformations du sol. Généralement, les boulons sont activés et utilisés comme éléments de traction. Cependant, dans des conditions de sol où la rupture dominante est la rupture en bloc, les boulons peuvent être contraints à des charges de cisaillement. Dans ces cas, la surface de la section transversale ainsi que les propriétés du matériau sont des critères de sélection pertinents.

Le matériau le plus courant pour les boulons est l'acier, mais la nuance d'acier employée varie en fonction du type de boulon. Le choix de la nuance d'acier se fait en fonction de la capacité de formage, d'un comportement défini en matière de contrainte et de déformation, et du rapport coût-efficacité. Les armatures en acier prennent différentes formes, en fonction du type de boulon et de l'application. Les géométries typiques des boulons sont les barres nervurées ou rondes, les barres creuses filetées (tubes), les profilés, les câbles ou les combinaisons des formes susmentionnées. Par ailleurs, le plastique renforcé de fibres de verre est un autre matériau de boulon utilisé pour différentes applications. Les fibres sont les principaux constituants porteurs de contraintes et sont intégrées dans une matrice polymère (ci-après dénommé PRV). Les systèmes PRV les plus modernes sont constitués de résines thermodurcissables et de fibres de verre.

Des agents de liaison sont nécessaires pour l'installation de boulons à liaison continue ou partielle et établissent le transfert de charge entre la paroi du trou et l'armature. Il en existe deux types : les coulis cimentaires et les résines d'injection. Les agents de liaison peuvent être appliqués en vrac ou sous forme de cartouches. Vous trouverez de plus amples informations dans la section correspondante du catalogue.

La classification des boulons est basée sur le mécanisme de transfert de charge applicable :

- Ancrage mécanique discret : transfert de charge en deux points distincts, à savoir la tête du boulon et le point d'ancrage.
- Lié de manière continue : transfert de charge d'un élément de soutènement (armature) à l'intérieur d'un trou de forage, lié par un agent de liaison qui remplit l'espace annulaire entre le boulon et la paroi du trou sur toute la longueur de l'armature.
- Frottement continu : résistance au glissement par frottement générée par une force radiale contre la paroi du trou de forage sur toute la longueur du boulon.
- Combinaisons des systèmes susmentionnés et autres : en cas de convergence de la roche, de gonflement du sol ou d'éclatement de la roche, l'utilisation de boulons ayant une capacité d'absorption d'énergie accrue est nécessaire. Vous trouverez de plus amples informations dans la section correspondante du catalogue.

Source : ITAtech Activity Group Support (2018, travail en cours)



## Composants du système

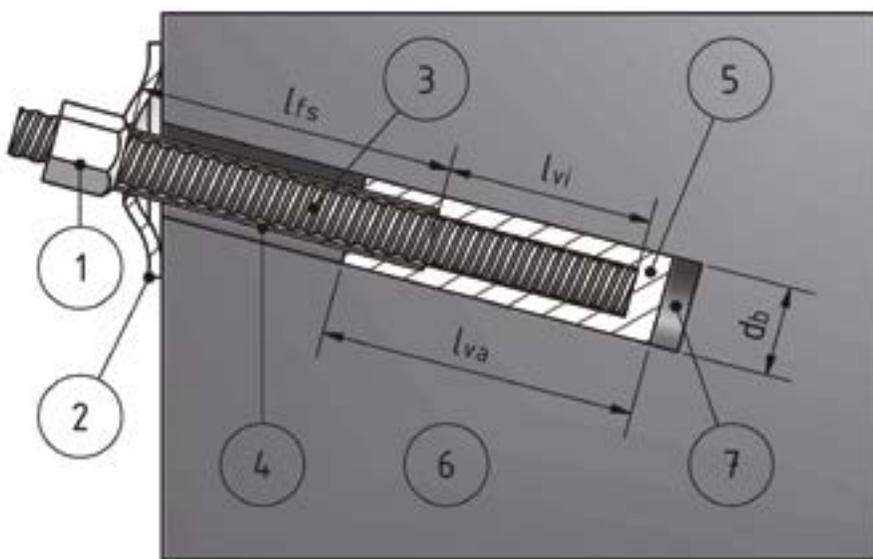
Les principaux composants d'un boulon sont les suivants :

- Armature : élément porteur d'un boulon qui transmet la charge de traction le long de l'axe du boulon. Il s'agit généralement d'une barre pleine ou creuse, mais d'autres formes de sections transversales (profilés) sont également possibles. La surface peut être lisse, structurée (filetages, nervures, etc.) ou comporter des points d'ancrage discrets.

- Tête de boulon : un ensemble qui se compose généralement d'une plaque et d'un élément de fixation attaché à l'extrémité proche de l'armature.
- Raccord : relie les sections de l'armature pour obtenir la longueur de boulon requise.
- Coquille d'expansion (non illustrée ci-dessous) : un élément d'ancrage relié à l'armature. Elle est montée à l'extrémité de l'armature et s'étend grâce à un système cunéiforme à lamelles.

- Agent de liaison : matériau pour remplir l'espace annulaire entre le boulon et la paroi du trou avec une certaine force d'adhérence pour transférer la charge.

L'illustration suivante montre un exemple concret de système de boulon en général conformément à la norme DIN 21521-1 (1993).



- 1 Écrou
- 2 Plaque
- 3 Armature
- 4 Manchon
- 5 Agent de liaison
- 6 Sol
- 7 Trou de forage
- $l_{fs}$  Longueur libre
- $l_{vi}$  Longueur de liaison intérieure
- $l_{va}$  Longueur de liaison extérieure
- $d_b$  Diamètre du trou de forage

Source : Kainrath et Dolsak (2008)

## Sélection et classification des boulons

Il n'existe pas de système de boulons répondant à toutes les exigences et par conséquent, des critères de décision sont nécessaires pour définir le(s) type(s) de boulon(s) le(s) plus approprié(s) au stade de la conception comme à celui de la construction. Cela nécessite des connaissances sur les différentes caractéristiques des types de boulons, leurs méthodes d'installation, leurs domaines d'application et leurs modes d'activation.

Les principaux critères de sélection sont les suivants :

- Conditions de forage : stable, instable ou aquifère
- Longueur du boulon : systèmes couplés (extension requise) ou non

- Période d'activation : capacité de charge immédiate ou après durcissement de l'agent de liaison
- Temps nécessaire à l'installation : installation par préforage (conventionnelle) ou par autoforage, nombre d'étapes d'installation nécessaires
- Degré de mécanisation : installation manuelle, semi-mécanisée ou entièrement mécanisée
- Durée de vie, impact économique et coût total d'utilisation
- Sécurité, environnement et résistance aux vibrations

La classification présentée dans ce catalogue est basée sur le mécanisme de transfert de charge et suit l'ordre suivant :

- Liaison continue
  - Système de barre creuse DSI (autoforant)
  - Boulons SN (boulons à barre d'armature entièrement injectés)
  - Boulons en PRV
  - Boulons à câble
- Frottement continu
  - Boulons frottants
  - Boulons frottants expansibles par injection d'eau OMEGA-BOLT®
- Ancrage mécanique discret
  - Ancrages mécaniques (boulons à coquille d'expansion)
- Boulons à absorption d'énergie
- Boulons de type combiné

Source : ITAtch Activity Group Support (2018, travail en cours)

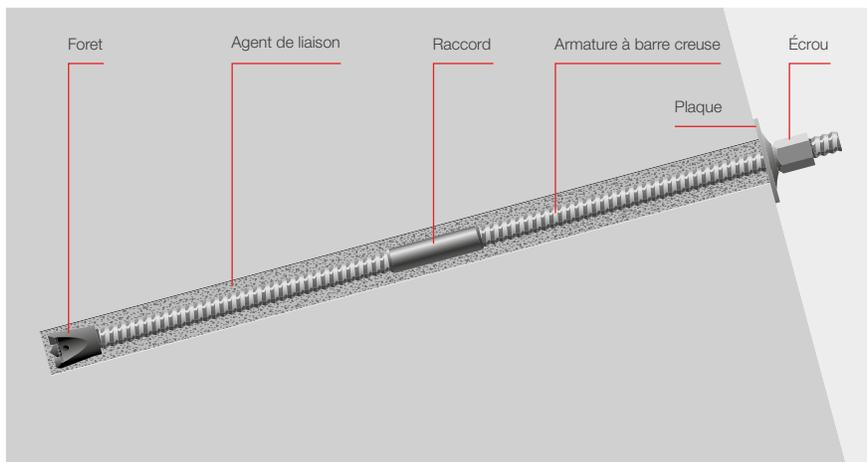
## Système de barre creuse DSI (autoforant)

Le système de barre creuse DSI est installé par autoforage, c'est-à-dire que le forage du trou et l'installation des boulons se font simultanément. Il s'agit du système à privilégier pour les trous de forage instables et il se caractérise par une procédure d'installation rapide, sûre et simple. Les barres creuses sont installées à l'aide d'un agent de liaison en vrac, soit un coulis de ciment, soit une résine de boulonnage par injection. L'activation se fait par le biais de déformations induites par l'excavation.

Les barres creuses DSI offrent un soutènement fiable dans toutes les conditions de sol. En outre, le processus d'installation par autoforage garantit des temps de cycle optimisés. Le boulon peut être rallongé lors de l'installation à l'aide de raccords et convient parfaitement à une installation dans des trous de forage instables. Il faut prendre des mesures supplémentaires pour fixer le boulon en position verticale après l'installation. Les limites possibles sont les trous de forage aquifères.

Les principales applications sont les suivantes :

- Boulonnage radial
- Stabilisation des têtes de tunnels, des tranchées et des zones de tranchées couvertes
- Stabilisation du front
- Boulonnage de pieux porteurs et de nervures
- Travaux d'injection

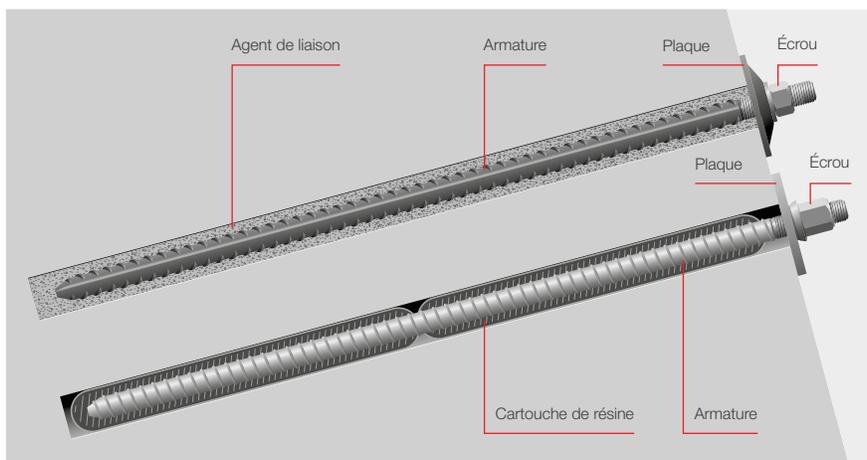


## Boulons SN (boulons à barre d'armature entièrement injectés)

Les boulons SN sont le type de boulons le plus couramment utilisé pour le forage de tunnels. Ils augmentent la capacité d'autoportance du sol et limitent le détachement des blocs ainsi que les déplacements en cisaillement. En outre, la force de frottement entre les différentes couches du sol est augmentée. Chaque boulon SN est entièrement injecté sur toute sa longueur et est généralement installé sans être soumis à une contrainte. Des coulis à base de ciment ou de résine sont utilisés comme agent de liaison entre la paroi du trou

et l'armature. Ils peuvent également être précontraints à l'aide d'un ancrage d'extrémité constitué de cartouches de résine à prise rapide. L'installation se fait dans des trous prépercés et les boulons SN sont activés par les déformations induites par l'excavation. Les boulons SN fournissent un soutènement fiable dans diverses conditions de terrain et constituent un système rentable, éprouvé sur le terrain et normalisé. Toutefois, l'installation n'est possible que dans des trous de forage stables. L'installation par

autoforage n'est donc pas envisageable. La longueur des boulons est limitée à l'espace disponible dans le tunnel, et des mesures supplémentaires sont nécessaires pour les fixer en orientation verticale. Parfois, il est difficile de vérifier que l'encapsulation est complète et de faire en sorte qu'elle soit stable. Il existe également des limitations possibles dans les trous de forage aquifères. Pour installer correctement les boulons SN, il convient de faire appel à du personnel qualifié et expérimenté en matière de travaux souterrains.



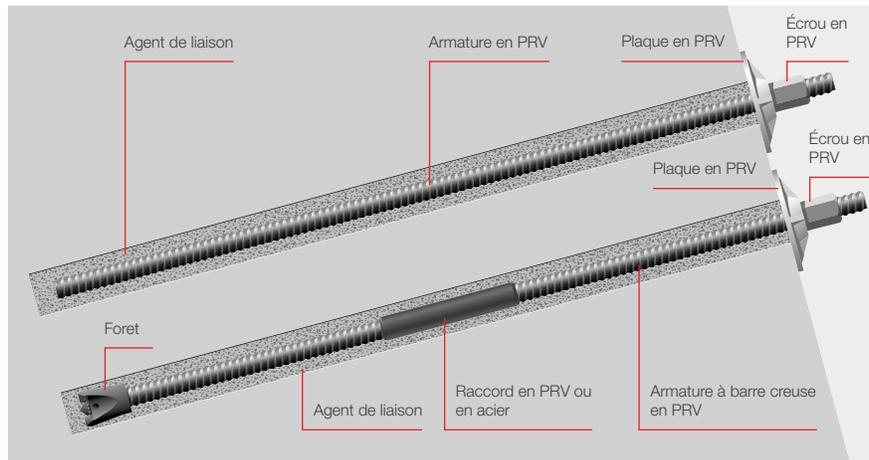
## Boulons en PRV

Le PRV est un matériau fragile avec une résistance élevée à la traction, qui présente un comportement élastique jusqu'à la rupture. Ces boulons se caractérisent également par un poids unitaire faible, une facilité de coupe et une faible conductivité électrique. Leur résistance aux environnements agressifs est élevée. Les boulons en PRV sont en outre disponibles sous forme avec des barres creuses, mais l'installation par autoforage est limitée.

Des mesures supplémentaires sont nécessaires pour fixer les boulons en orientation verticale, car la capacité de charge définie par les performances des écrous et des raccords est généralement inférieure. Outre le comportement fragile, la faible résistance à la compression est un autre facteur limitant.

Les boulons en PRV sont couramment utilisés pour :

- Les lances d'injection
- Les boulons de front
- Les boulons sectionnables ou temporaires (amovibles)
- Le forage mécanisé de tunnels (Soft-Eye)



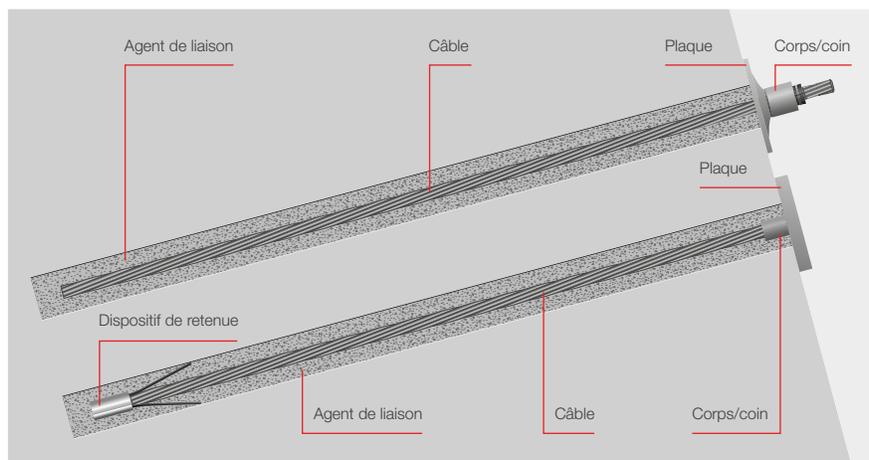
## Boulons à câble

Les boulons à câble entièrement injectés sont couramment utilisés pour les applications de boulonnage dans des conditions d'espace limité. Ils constituent un élément de contrôle des terrains à haute résistance pour les sections souterraines critiques.

Les principales applications des boulons à câble sont les suivantes :

- Le boulonnage complémentaire
- Le soutènement des cavernes de machines ou de nacelles

- Les excavations à grande échelle sans entrée
- Les intersections et points de soutirage



## Ancrages mécaniques (boulons à coquille d'expansion)

Les boulons à coquille d'expansion sont utilisés dans les roches dures (blocs) pour empêcher le mouvement des blocs libres sur le plan cinématique. L'ancrage mécanique est assuré par une coquille d'expansion sur la paroi du trou de forage. Une longueur libre variable permet une précontrainte et donc une transmission active de la force. L'activation du boulon est réalisée par la contrainte de l'écrou. La capacité portante d'un ancrage mécanique est principalement déterminée par la stabilité du trou de forage (caractéristiques du sol),

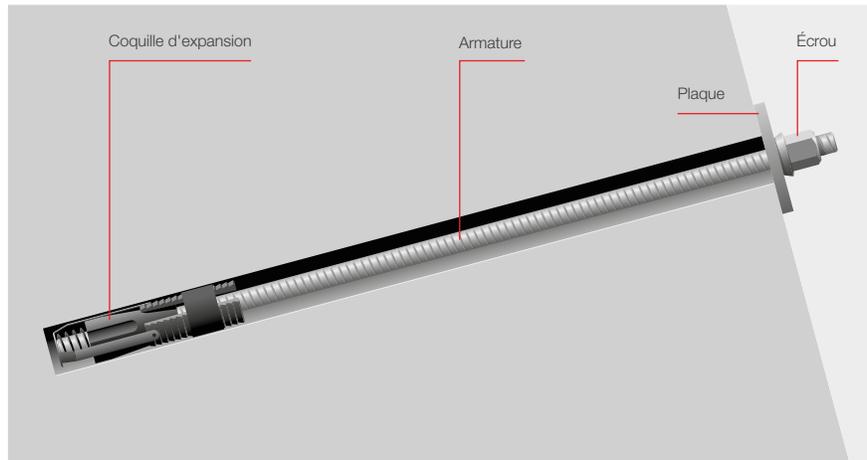
par l'importance de la précontrainte et par la conception de la coquille d'expansion.

Les ancrages mécaniques offrent un soutènement fiable dans des conditions de sol dur (roche) et une capacité de charge immédiate après l'installation. Ils peuvent également être utilisés dans les trous aquifères. Toutefois, leur application dans les sols meubles est limitée et l'installation n'est possible que dans des trous de forage stables. La transmission de la charge entre la coquille d'expansion et la paroi du trou

de forage est limitée à une longueur d'ancrage définie et courte.

Les ancrages mécaniques avec système de barre pleine DSI et les ancrages mécaniques avec barres d'armature sont des systèmes bien établis avec une longueur libre. Les principaux domaines d'application sont les suivants :

- L'ancrage systématique pour les applications souterraines
- Le chevillage des couches dans le toit
- Les suspensions utilitaires



## Boulons frottants

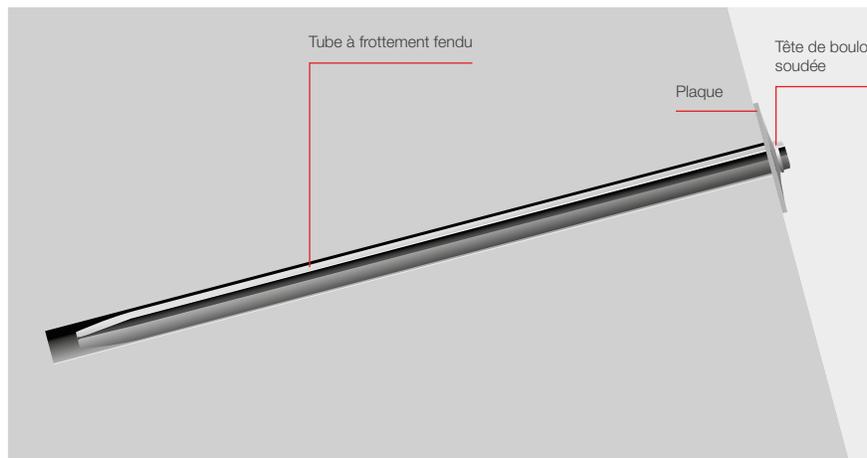
Les boulons de type frottant sont couramment utilisés dans les mines souterraines. Il existe également une version de boulon frottant autoforante disponible pour le forage des tunnels (POWER SET). Le mécanisme de boulonnage par frottement pur permet de surmonter de grands déplacements

sans défaillance, la capacité du boulon étant généralement égale à la moitié de la résistance à la traction du tube d'acier.

Les principales applications des boulons de type frottant sont :

- Le soutènement systématique des excavations souterraines

- Le contrôle des terrains temporaires
- Le boulonnage dans les sols moyens à durs
- Le boulonnage complémentaire et utilitaire



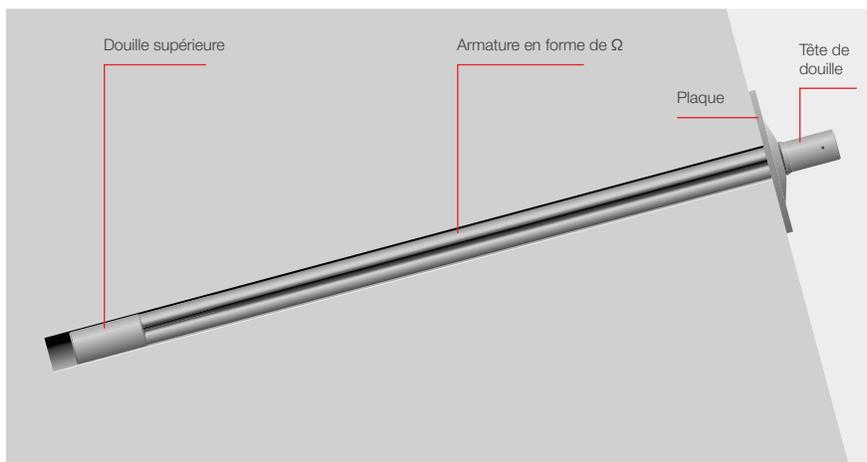
## Boulons frottants expansibles (par l'eau) OMEGA-BOLT®

Le mécanisme de boulonnage de l'OMEGA-BOLT® est basé sur le frottement et le couplage mécanique. L'installation des boulons s'effectue dans des trous de forage prépercés à l'aide d'une pompe à eau haute pression (équipement d'installation supplémentaire). Aucun agent de liaison n'est requis. L'OMEGA-BOLT® est entièrement activé immédiatement après l'installation.

Ce système peut être utilisé dans les trous aquifères et est fixé par défaut en position verticale. Son utilisation dans les sols meubles est limitée, car son installation nécessite des trous de forage stables. La faible épaisseur de paroi du profil du boulon le rend sensible à la corrosion s'il n'est pas revêtu.

L'OMEGA-BOLT® est utilisé pour :

- Le soutènement systématique des excavations souterraines
- Les opérations de boulonnage rapides et flexibles
- Généralement utilisé à des fins de contrôle des terrains temporaires



## Boulons de type combiné

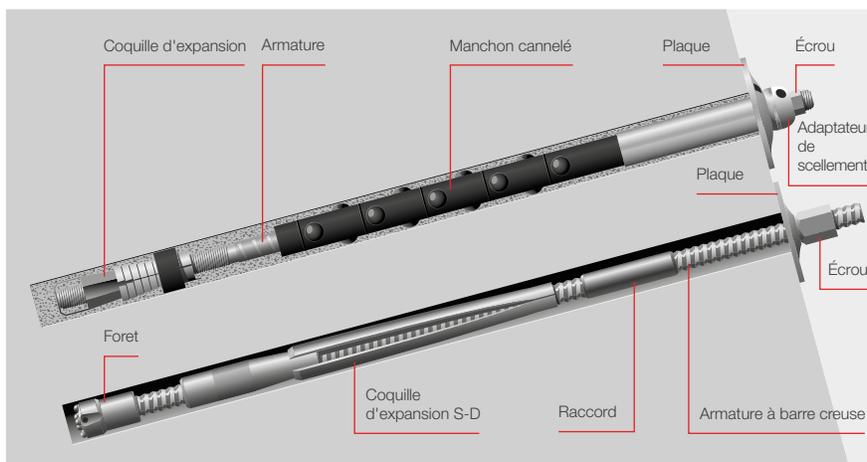
Les boulons combinés sont un système hybride offrant à la fois un ancrage mécanique et une liaison continue. Ils sont parfaitement adaptés à une installation mécanisée, l'ancrage étant immédiat après l'installation. Une meilleure protection contre la corrosion peut être obtenue par l'introduction de manchons en plastique entre l'armature et l'agent de

liaison. Des versions conventionnelles et autoforantes sont disponibles.

Les boulons combinés sont généralement utilisés pour :

- Le soutènement permanent systématique des structures souterraines à durée de vie prolongée

- Le soutènement du sol des zones dont l'accès est limité ou inexistant pendant la durée de l'opération
- Les centrales hydroélectriques et les cavités souterraines de stockage de pétrole ou de gaz
- Les tunnels sous-marins et les égouts



## Protection contre la corrosion

DSI Underground propose une large gamme de systèmes de protection contre la corrosion pour les boulons. Le choix du système de protection contre la corrosion approprié dépend de la durée de vie prévue du boulon et de l'environnement corrosif. Les méthodes de protection les plus courantes pour les boulons sont les suivantes :

- La galvanisation électrolytique
  - L'adhésion du zinc à l'acier par une réaction électrochimique
- La galvanisation à chaud
  - Le revêtement d'une pièce en acier avec une couche de zinc par immersion du métal dans un bain de zinc fondu
- La shérardisation
  - La galvanisation à la vapeur
- La peinture époxy
  - Le revêtement par application d'une peinture
- Les revêtements duplex
  - La méthode combinée de galvanisation à chaud et de revêtement en poudre

En outre, le principe de la corrosion sacrificielle (voir la section du catalogue « Système de barre creuse DSI ») est couramment utilisé dans le génie civil et pour les applications souterraines.



### Introduction

Par définition, la corrosion est la réaction d'un matériau avec son environnement ambiant, provoquant une modification mesurable du matériau (par exemple, la rouille) qui peut entraîner une altération du fonctionnement d'un composant ou d'un système. D'un point de vue pratique, il n'est pas possible d'obtenir une protection complète contre la corrosion.

Par conséquent, les méthodes de protection appliquées visent à réduire l'attaque par la corrosion et les dommages causés aux équipements de soutènement ou aux éléments de contrôle des terrains pendant leur durée de vie prévue.

La corrosion concerne l'ensemble du système, c'est-à-dire l'élément de soutènement, le corps du coulis, le sol et les médias de corrosion. Elle se traduit par deux mécanismes d'action principaux : la « corrosion du béton » et la « corrosion des éléments de soutènement dans le béton ».

### Méthodes de protection contre la corrosion

La sélection des méthodes optimales de protection contre la corrosion dépend du potentiel de corrosion de l'environnement, ainsi que du type et de la durée de vie prévue de la structure.

L'élément porteur, la zone de transition entre le trou de forage et la surface, ainsi que la tête doivent être évalués séparément.

Les méthodes de protection contre la corrosion sont divisées en deux groupes principaux.

Le premier est appelé protection anticorrosion active et comprend toutes les méthodes d'influence qui éliminent ou réduisent la réaction de corrosion. Un exemple courant de ce type de protection est l'encapsulation avec du béton. Le second est la protection anticorrosion passive, qui comprend les méthodes permettant de produire une couche protectrice sur les pièces menacées par la corrosion, par exemple les systèmes de revêtement duplex.

Une méthode de protection anticorrosion active privilégiée et recommandée est

le principe de conception basé sur la corrosion sacrificielle. Il repose sur les taux de corrosion de l'acier brut et galvanisé en fonction de l'environnement corrosif et de la durée de vie prévue, sans envisager l'encapsulation avec du ciment. La double protection contre la corrosion (par exemple, un revêtement cannelé injecté fabriqué en usine) n'est pas utilisée pour les applications autoforantes. Les revêtements de type duplex peuvent être endommagés par le processus d'installation par autoforage.

## Protection contre la corrosion sacrificielle

- Définition des taux de corrosion (corrosion sacrificielle), en fonction des conditions du sol et d'autres facteurs d'influence
- Conception des éléments en fonction d'une augmentation de la section transversale due à la corrosion au cours de la durée de vie prévue
- Aucune encapsulation inhérente au système avec du mortier de ciment ou du coulis n'est envisagée
- Éléments de contrôle des terrains bruts ou galvanisés. La galvanisation permet de retarder le début de la corrosion et d'augmenter la durée de vie
- Galvanisation à chaud : méthode préférée pour les composants de système porteurs conformément à la norme ISO 1461 ou aux normes nationales
- La protection contre la corrosion des structures de tête doit être évaluée séparément

## Durée de vie selon les normes et agréments européens

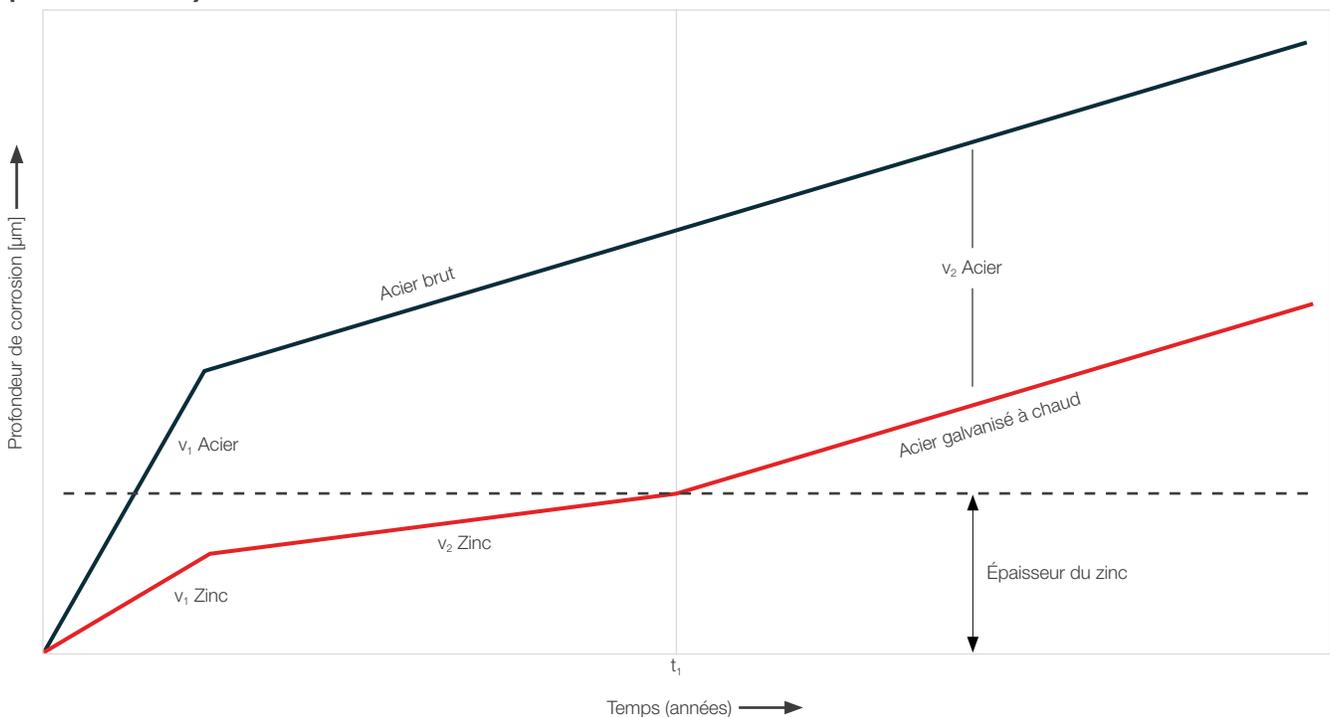
Durée de vie <sup>1)</sup>	Acier <sup>2)</sup>	Corrosion en [mm] pour différentes charges de corrosion <sup>3)</sup>		
		Faible	Moyenne	Élevée
2	Brut	0	0	0,2
	Galvanisé à chaud	0	0	0,1
7	Brut	0,2	0,2	0,5
	Galvanisé à chaud	0	0,1	0,4
30	Brut	0,3	0,6	-
	Galvanisé à chaud	0,1	0,4	-
50	Blanc	0,5	1,0	-
	Galvanisé à chaud	0,3	0,7	-

1) Une durée de vie de 100 ans peut être envisagée conformément à la norme EN 1993-5.

2) Épaisseur moyenne de la couche de zinc généralement appliquée :  $\geq 85$  [ $\mu\text{m}$ ] conformément à la norme ISO 1461.

3) Conformément à ETA-21/0869. Les normes EN 14490 et EN 14199 définissent également des classes d'agressivité du sol et des taux de corrosion pour atteindre la durée de vie prévue. Les charges de corrosion faibles, moyennes et élevées sont définies dans la norme EN 12501-2.

## Comportement à la corrosion de l'acier brut et de l'acier galvanisé à chaud dans le sol (ETA-21/0869) <sup>1)</sup>



1) Prof. Dr.-Ing. Habil. Prof. H.C. Ulf Nuernberger, expertise « Korrosionstechnische Beurteilung des DSI Hohlstab-Systems fuer Bodennaegel, Pfahle und Erdanker ».

# **Systeme de barre creuse DSI**

## **Introduction**

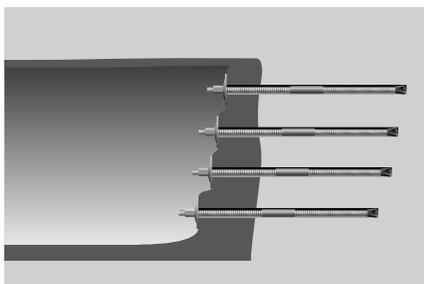
Le système de barre creuse DSI est une solution de contrôle des terrains autoforante utilisée pour les applications souterraines et dans le génie civil. En milieu souterrain, il peut être utilisé pour le boulonnage, les pieux porteurs, la stabilisation du front, comme élément d'enfilage pour le pré-soutènement, ou comme lance pour les travaux d'injection.

Le système de barre creuse DSI offre également une large gamme d'applications dans le domaine du génie civil, telles que les fixations pour roches et sols, les micropieux ou les ancrages au sol. Le système est un outil « tout en un » pour le forage, le rinçage, l'injection simultanée ou postérieure de coulis, et enfin l'élément porteur lui-même.

Le système de barre creuse DSI est idéal pour les installations dans les sols fragiles et les trous de forage instables. DSI Underground possède une longue expérience dans la conception, le développement, la fabrication, les tests et la distribution du système de barre creuse DSI.

## **Domaines d'application**

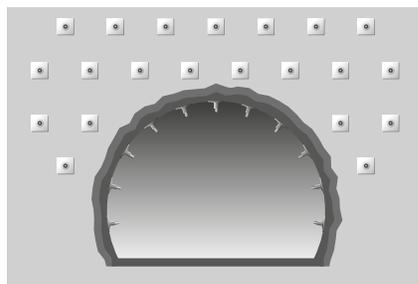
### **Boulonnage de front**



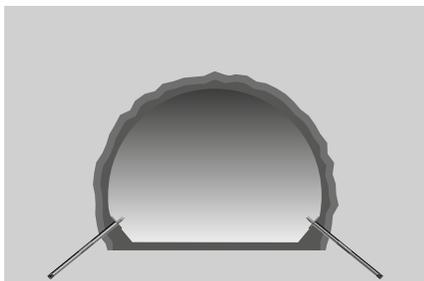
### **Travaux d'injection**



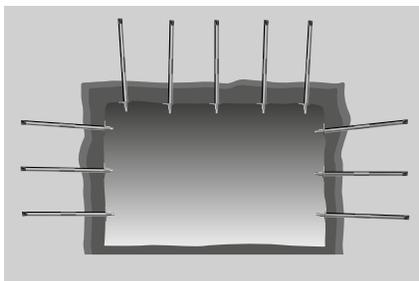
### **Stabilisation des têtes**



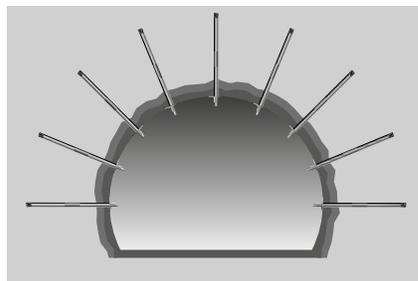
### **Stabilisation du mur**



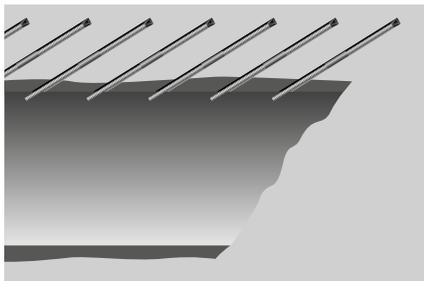
### **Boulonnage du toit et des nervures**



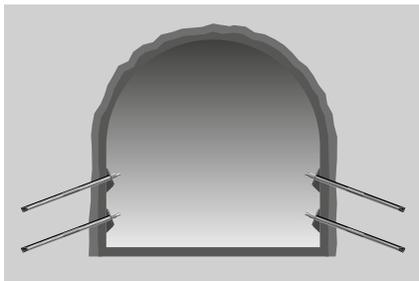
### **Boulonnage radial**



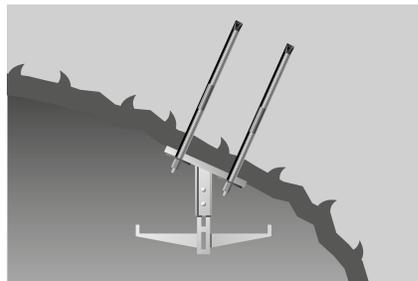
### **Enfilage**



### **Ancrages précontraints**



### **Suspensions utilitaires**



## Description du système

- Solution de contrôle des terrains autoforante
- Utilisé de préférence dans des conditions de forage instables
- Installation par autoforage sans tubage à l'aide d'un foret perdu
- Installation avec des foreuses rotatives ou roto-percutantes standard
- Barre creuse avec filetage extérieur continu à gauche, laminée à froid, utilisée comme tige de forage pendant l'installation
- Extension facile des barres creuses à l'aide de raccords
- L'injection peut être réalisée pendant le forage à l'aide d'un adaptateur d'injection rotatif ou après l'opération de forage
- Le profil fileté permet une liaison idéale entre la barre creuse et le matériau de scellement



## Principaux avantages

- Installation par autoforage rapide et sûre
- Application fiable dans les trous de forage instables
- Principe de fonctionnement simple et similaire avec du personnel sur place et des machines de forage standard
- Forage, installation et scellement facultatif en une seule étape opérationnelle
- Processus d'installation éprouvé dans des sols difficiles
- Alternative sûre et efficace par rapport aux méthodes et aux produits d'installation des trous de forage tubés qui prennent beaucoup de temps
- Même principe d'installation pour toutes les applications et tous les sols
- Minimisation des perturbations du sol
- Conception et diamètre des forets pouvant être adaptés à des conditions de terrain différentes et variables
- Faible encombrement pour l'installation
- Ajustement fonctionnel des longueurs requises à l'aide de raccords
- Large gamme de classes de capacité de charge des barres creuses permettant un dimensionnement de base et une adaptation de la conception
- Système robuste et filetage à haute résistance conçus pour répondre aux exigences de l'industrie de la construction
- Mesures de contrôle de la qualité de haut niveau à tous les stades de la conception et de la fabrication

## Composants du système

### Éléments basiques

- Barre creuse
  - Utilisée comme tige de forage pendant l'installation
  - Convient pour le scellement simultané ou ultérieur
  - Élément de traction ou de compression
- Raccord
  - Filetage intérieur continu avec butée centrale ou pont central
  - Transmission de l'énergie par forage contrôlé
  - Capacité de charge totale
- Foret
  - Un foret par unité installée
  - Différents diamètres et modèles
  - Versions avec inserts en acier trempé et en carbure
  - Optimisé pour différentes conditions de sol



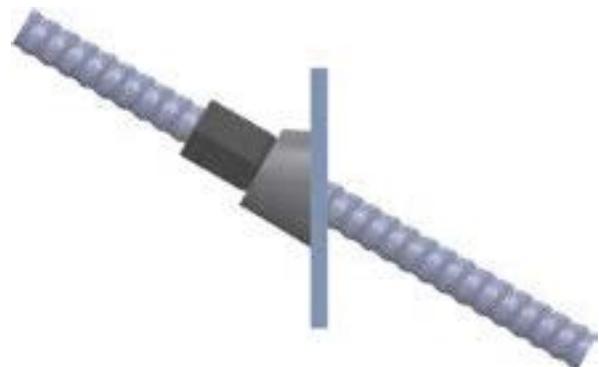
### Constructions d'ancrage et de fondations

- Écrou
  - Version hexagonale ou bombée
  - Écrou carré soudable
  - Différents modèles et dimensions disponibles
- Plaque
  - Plate ou bombée
  - Conception de la plaque adaptée aux exigences du système
  - Solutions diverses pour les compensations d'angle et conceptions de plaques spéciales disponibles

**Tête avec plaque bombée**



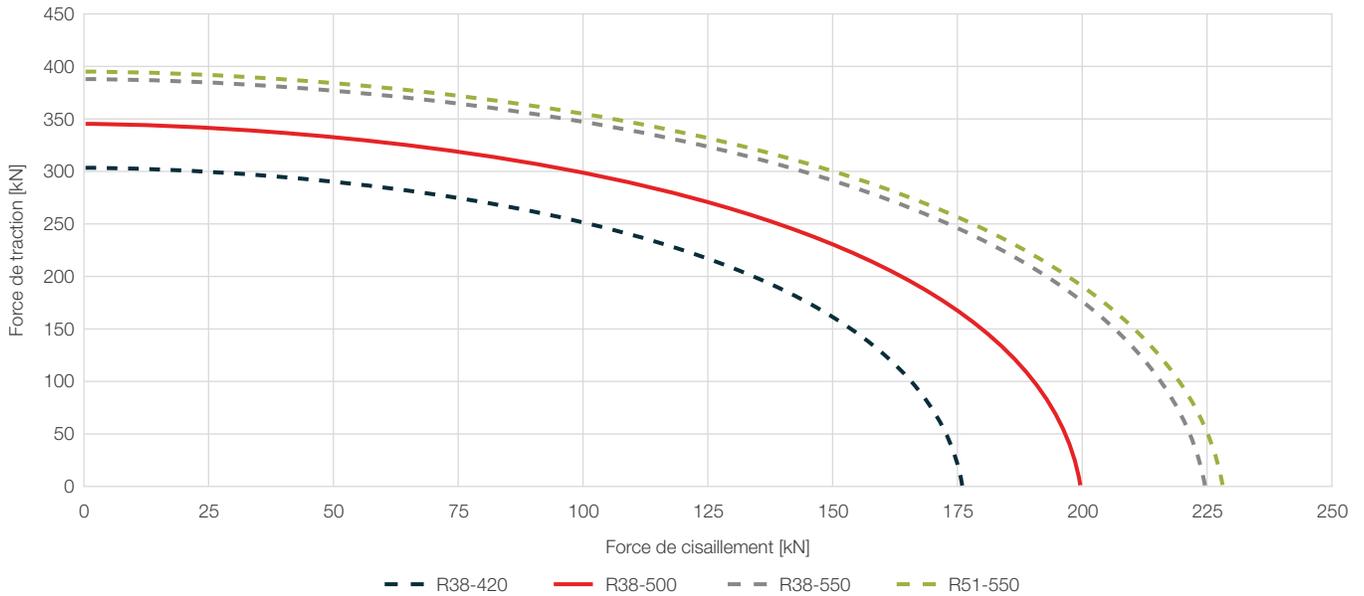
**Tête d'ancrage avec compensation d'angle**



## Fixations pour roches et sols



### Relation entre la force de traction et la force de cisaillement

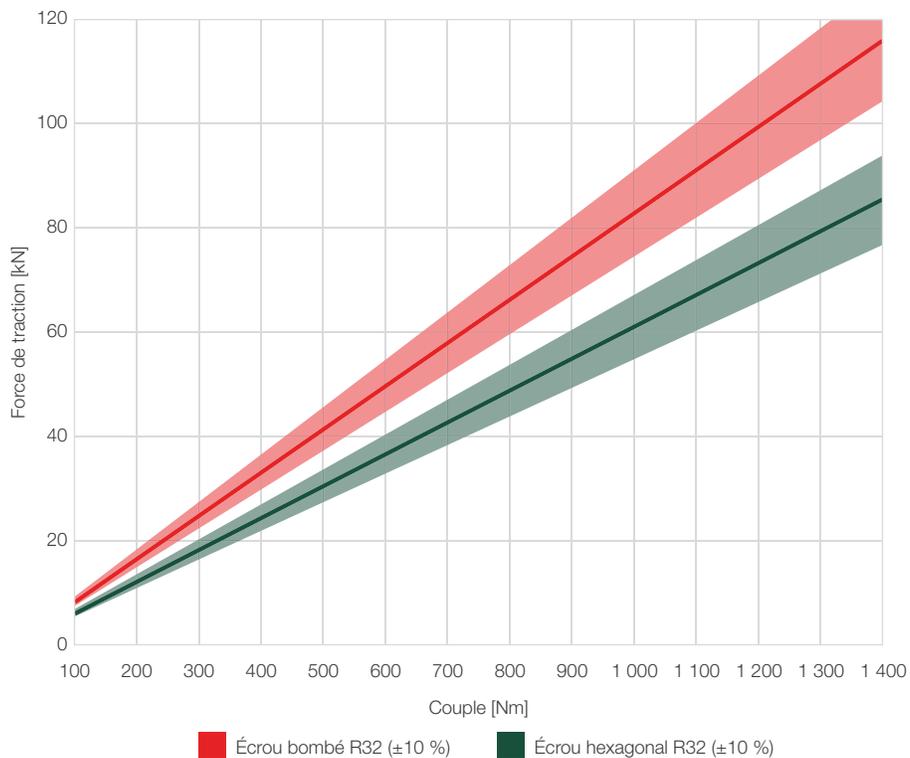


- Valeur de calcul de la contrainte de traction  $\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{1,15}$
- Valeur de calcul de la contrainte de cisaillement  $\tau_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot 1,15}$
- Charge de cisaillement ultime (calcul)  $Q_v = \sqrt{(\sigma_{R,d}^2 + 3 \cdot \tau_{R,d}^2)}$

### Homologations

- Évaluation technique européenne (ETE)
- Agrément technique national en Autriche (BMK)
- Agrément technique national en Slovaquie (STS)
- Agrément minier allemand
- Agrément technique national en Slovaquie (ZAG)
- Homologations spécifiques au projet

### Schéma couple-contrainte du type R32-280



Écrou bombé R32



Écrou hexagonal R32



## Lances d'injection et pointes

### Concept de base

Les pointes sont utilisées comme éléments de pré-soutènement temporaires pour la stabilisation de la zone de travail dans les galeries. Celles-ci sont installées dans l'espace supérieur et les parois latérales d'un tunnel, afin d'assurer la stabilité du périmètre de la travée ouverte jusqu'à ce que le revêtement primaire soit installé. Les lances d'injection sont utilisées pour

le transport ciblé d'un produit d'injection à base de ciment ou de résine vers la zone d'injection désignée.

Dans les sols difficiles et dans le cas de trous de forage instables, les pointes à barre creuse et les lances d'injection sont à privilégier pour garantir une procédure d'installation sûre et rapide. Les pointes autoforantes et les lances d'injection permettent l'utilisation de machines de

forage souterrain par défaut (jumbos). Les barres creuses filetées assurent une connexion durable et facile à n'importe quel système de tuyau d'injection.

Une description détaillée des pointes et des lances d'injection figure dans les sections du catalogue « Pré-soutènement et assèchement » et « Produits chimiques d'injection ».



## Spécifications

### Unités SI

#### Données techniques de la série R32

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Symbole	Unité	R32-250	R32-280	R32-320	R32-360	R32-400
Diamètre extérieur nominal	$D_{e,nom}$	[mm]			32		
Diamètre extérieur réel	$D_e$	[mm]			31,1		
Diamètre interne moyen <sup>2)</sup>	$D_i$	[mm]	20,0	18,5	16,5	15,0	12,5
Surface nominale de la section transversale <sup>3)</sup>	$S_0$	[mm <sup>2</sup> ]	370	410	470	510	560
Poids nominal <sup>4)</sup>	m	[kg/m]	2,90	3,20	3,70	4,00	4,40
Charge d'élasticité nominale <sup>5)</sup>	$F_{p0,2,nom}$	[kN]	190	220	250	280	330
Charge de rupture nominale <sup>5)</sup>	$F_{m,nom}$	[kN]	250	280	320	360	400
Contrainte de charge ultime <sup>7)</sup>	$A_{gt}$	[%]			≥ 5,0		

#### Données techniques des séries R38 et 51

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Symbole	Unité	R38-420	R38-500	R38-550	R51-550	R51-660	R51-800	R51-925
Diamètre extérieur nominal	$D_{e,nom}$	[mm]		38			51		
Diamètre extérieur réel	$D_e$	[mm]		37,8			49,8		
Diamètre interne moyen <sup>2)</sup>	$D_i$	[mm]	21,5	19,0	17,0	34,5	33,0	29,0	29,5
Surface nominale de la section transversale <sup>3)</sup>	$S_0$	[mm <sup>2</sup> ]	660	750	800	890	970	1 150	1 275
Poids nominal <sup>4)</sup>	m	[kg/m]	5,15	5,85	6,25	6,95	7,65	9,00	10,00
Charge d'élasticité nominale <sup>5)</sup>	$F_{p0,2,nom}$	[kN]	350	400	450	450	540	640	740
Charge de rupture nominale <sup>5)</sup>	$F_{m,nom}$	[kN]	420	500	550	550	660	800	925
Contrainte de charge ultime <sup>7)</sup>	$A_{gt}$	[%]				≥ 5,0			

1) Toutes les valeurs sont susceptibles d'être modifiées. Le séparateur décimal est une virgule (« , »), tandis que les séparateurs de milliers sont des espaces. Cette règle s'applique à l'ensemble de la numérotation de ce catalogue. D'autres types de barres creuses avec des classes de capacité de charge similaires, des nuances d'acier alternatives et des valeurs caractéristiques différentes (D, S, m) sont disponibles sur demande. Le système de barre creuse DSI fabriqué en Autriche est marqué CE. Le système de barre creuse autoforant ne porte pas de marque de certification. Des barres creuses de plus grand diamètre (T76 et plus) sont également disponibles.

2) Calculé à partir du diamètre extérieur réel, de la hauteur moyenne du filetage et de la surface nominale de la section transversale. Chiffre arrondi.

3) Calculée à partir du poids nominal  $S_0 = 10^6 \times m / 7\,850$  [kg/m<sup>3</sup>].

4) Écart : de -3 % à +9 %.

5) Valeur caractéristique (5 %-fractile).

6) Calculée à partir de la charge nominale et de la surface nominale de la section. Chiffre arrondi.

7) Valeur caractéristique (10 %-fractile).

Module d'élasticité  $E = 205\,000$  [N/mm<sup>2</sup>].

## Unités de mesure américaines courantes

### Données techniques de la série R32

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Symbole	Unité	R32-250	R32-280	R32-320	R32-360	R32-400
Diamètre extérieur nominal	$D_{e,nom}$	[in]			1,26		
Diamètre extérieur réel	$D_e$	[in]			1,22		
Diamètre interne moyen <sup>2)</sup>	$D_i$	[in]	0,79	0,73	0,65	0,59	0,49
Surface nominale de la section transversale <sup>3)</sup>	$S_0$	[in <sup>2</sup> ]	0,57	0,64	0,73	0,79	0,87
Poids nominal <sup>4)</sup>	m	[lb/ft]	1,95	2,15	2,49	2,69	2,96
Charge d'élasticité nominale <sup>5)</sup>	$F_{p0,2,nom}$	[kip]	43	49	56	63	74
Charge de rupture nominale <sup>5)</sup>	$F_{m,nom}$	[kip]	56	63	72	81	90
Contrainte de charge ultime <sup>7)</sup>	$A_{gt}$	[%]			≥ 5,0		

### Données techniques des séries R38 et 51

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Symbole	Unité	R38-420	R38-500	R38-550	R51-550	R51-660	R51-800	R51-925
Diamètre extérieur nominal	$D_{e,nom}$	[in]		1,50				2,01	
Diamètre extérieur réel	$D_e$	[in]		1,49				1,96	
Diamètre interne moyen <sup>2)</sup>	$D_i$	[in]	0,85	0,75	0,67	1,36	1,30	1,14	1,16
Surface nominale de la section transversale <sup>3)</sup>	$S_0$	[in <sup>2</sup> ]	1,02	1,16	1,24	1,38	1,50	1,78	1,98
Poids nominal <sup>4)</sup>	m	[lb/ft]	3,46	3,93	4,20	4,67	5,14	6,05	6,72
Charge d'élasticité nominale <sup>5)</sup>	$F_{p0,2,nom}$	[kip]	79	90	101	101	121	144	166
Charge de rupture nominale <sup>5)</sup>	$F_{m,nom}$	[kip]	94	112	124	124	148	180	208
Contrainte de charge ultime <sup>7)</sup>	$A_{gt}$	[%]				≥ 5,0			

1) Toutes les valeurs sont susceptibles d'être modifiées. Le séparateur décimal est une virgule (« , »), tandis que les séparateurs de milliers sont des espaces. Cette règle s'applique à l'ensemble de la numérotation de ce catalogue. D'autres types de barres creuses avec des classes de capacité de charge similaires, des nuances d'acier alternatives et des valeurs caractéristiques différentes (D, S, m) sont disponibles sur demande. Le système de barre creuse DSI fabriqué en Autriche est marqué CE. Le système de barre creuse autoforant ne porte pas de marque de certification. Des barres creuses de plus grand diamètre (T76 et plus) sont également disponibles.

2) Calculé à partir du diamètre extérieur réel, de la hauteur moyenne du filetage et de la surface nominale de la section transversale. Chiffre arrondi.

3) Calculée à partir du poids nominal.

4) Écart : de -3 % à +9 %.

5) Valeur caractéristique (5 %-fractile).

6) Calculée à partir de la charge nominale et de la surface nominale de la section. Chiffre arrondi.

7) Valeur caractéristique (10 %-fractile).

Module d'élasticité E = 29 700 [ksi].

# Taillants

## Introduction

Le choix du foret approprié influe sur les performances du forage et dépend principalement de la dureté et de l'abrasivité du sol, de la méthode de forage, du diamètre et de la longueur du trou.

En outre, le foret et donc le diamètre du trou de forage dépendent de l'application (par exemple, fixations pour roches et sols, micropieux, etc.).

L'un des problèmes majeurs de la procédure d'installation par autoforage

est de minimiser l'impact sur le sol ou la roche environnant en optimisant les taux de forage et l'énergie appliquée.

Par exemple, dans les sols mixtes, les types de forets généralement utilisés sont les forets à rétro rinçage à deux étages, les forets en forme d'arc ou les forets en croix.

Les sols de type argile, glaise, ardoise tendre ou limon argileux sont enlevés par découpage et grattage. Pour ces

types de sol, des forets à rinçage à deux étages, des forets en forme d'arc et des forets en croix sont généralement utilisés.

Dans les sols ou les roches plus durs, l'utilisation de l'énergie de percussion joue un rôle plus important. Dans ce cas, des forets à bouton, des forets en croix ou des forets en forme d'arc sont généralement utilisés en combinaison avec des inserts en carbure.

Propriétés du sol			Type de foret <sup>1)</sup>								
Désignation	Description	Exemples	R-Flush (rétro rinçage) et RS-Flush (rétro rinçage et rinçage latéral) à deux étages	À bouton en forme d'arc, trempé	À bouton en forme d'arc, inserts en carbure	En forme d'arc, trempé	En forme d'arc, inserts en carbure	En croix, trempé	En croix, inserts en carbure	À bouton, trempé	À bouton, inserts en carbure
											
Alluvion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Couches d'humus et de matières organiques</li> <li>- Tourbe et boues</li> <li>- Mélanges de gravier, de sable, de limon et d'argile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terre végétale ou sol humide, éventuellement aquifère</li> <li>- Remplissages sédimentaires, matériaux de zone de faille</li> </ul>	X	(X)		(X)		X			
Sables	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sable, gravier et mélanges non cohésifs et cohésifs à faible teneur en argile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol facile à retirer</li> <li>- Sols mixtes</li> </ul>	X	(X)	(X)	X		X			
Sols cohésifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mélanges de sable, de gravier, de limon et d'argile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol plus ou moins facile à retirer</li> <li>- Sols mixtes</li> </ul>	(X)	X	X	X	(X)	X	(X)		
Gravier	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sols à forte teneur en gravier de grande taille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol difficile à retirer</li> <li>- Lits de rivière</li> </ul>		(X)	X	(X)	X	(X)	X		
Roche tendre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fissuré, friable, usé par les intempéries</li> <li>- Conglomérat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Roche plus ou moins facile à retirer</li> <li>- Calcaire, schiste</li> </ul>			X	(X)	X		X	X	X
Roche dure	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus grande abrasivité et/ou résistance à la compression, moins de fractures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Roche difficile à retirer</li> <li>- Roche volcanique, grès dur, béton</li> </ul>					(X)		(X)	(X)	X

1) Les indications sont des lignes directrices générales et dépendent des conditions sur site. Le choix du foret dépend du diamètre du trou et de la longueur du forage. Les marquages « X » indiquent les applications standard et les marquages « (X) » les combinaisons possibles.

## Portefeuille

- La réussite de l'installation dépend du choix du foret adéquat
- Large gamme de forets pour différents types de sols
- Le choix des centralisateurs utilisés en option doit être effectué en fonction du diamètre du foret
- Optimisé par rapport aux paramètres d'installation tels que la capacité de coupe et la performance de forage
- Adapté aux exigences du génie civil ainsi qu'aux applications souterraines
- De plus amples informations concernant la conception et la sélection des forets figurent dans une brochure séparée sur les forets pour le système de barre creuse DSI

Diamètre <sup>1)</sup>		Filetage	Type de foret <sup>1)</sup>										
[mm]	[in]		Type	R-Flush à deux étages (rétro rinçage), trempé	RS-Flush (rétro rinçage et rinçage latéral) à deux étages, trempé	À bouton en forme d'arc, trempé	À bouton en forme d'arc, inserts en carbure	En forme d'arc, trempé	En forme d'arc, inserts en carbure	En croix, trempé	En croix, inserts en carbure	À bouton, trempé	À bouton, inserts en carbure
51	2,0	R32						X	X	X	X	X	X
		R38											
		R51											
		T76											
76	3,0	R32		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		R38			X	X	X		X	X	X	X	
		R51			X	X					X	X	
		T76											
90	3,5	R32			X	X							
		R38			X	X			X	X	X	X	
		R51			X	X				X	X		
		T76											
100	3,9	R32		X									
		R38		X							X	X	
		R51							X	X	X	X	
		T76											
115	4,5	R32											
		R38			X	X			X	X	X	X	
		R51			X	X			X	X	X	X	
		T76											
130	5,1	R32											
		R38		X									
		R51			X						X		
		T76			X	X			X	X	X	X	
150	5,9	R32											
		R38											
		R51		X									
		T76	X		X	X			X		X	X	
200	7,9	R32											
		R38											
		R51											
		T76	X						X				

1) Les champs marqués d'un X indiquent les types de forets standard ; d'autres dimensions sont disponibles sur demande.

## Installation par autoforage

L'installation par autoforage peut être réalisée de manière semi-mécanisée ou entièrement mécanisée, en fonction des machines de forage disponibles.

Le système de barre creuse DSI offre des taux d'installation élevés, car le forage et l'injection peuvent être combinés en une seule procédure opérationnelle.

Le choix d'une machine de forage appropriée est essentiel pour garantir un forage efficace et sûr.

### Paramètres d'installation

L'installation par autoforage est réalisée à l'aide de machines de forage rotatives ou roto-percutantes, En fonction de

l'application, des conditions du sol, du type de barre creuse, ainsi que de la longueur d'installation finale,

les principaux paramètres de forage qui sont énumérés et décrits ci-après doivent être ajustés en conséquence.

### Vitesse de rotation

La vitesse de rotation est contrôlée par le moteur rotatif utilisé. Alors que les moteurs rotatifs souterrains des marteaux perforateurs hydrauliques fonctionnent à des taux de rotation plus élevés et que la longueur finale de l'élément installé est normalement courte, l'expérience des applications de génie civil a montré que des taux compris entre 120 et 150 [rpm] donnent de bons résultats.

### Couple

Le couple maximal recommandé pour l'installation du système de barre creuse DSI a été déterminé pour différents types et rapports d'alimentation. Ces valeurs ont été déterminées numériquement avec un facteur de sécurité de 0,7 par rapport à la charge d'élasticité.

### Percussion

Les différents types d'équipements de forage de roches présentent des taux de percussion très variés. En général, il convient d'appliquer le même taux de percussion que pour le « forage du sol/ de la roche lisse » par défaut, en utilisant une maîtresse-tige et des forets à usage multiple. Pour la stabilité directionnelle et l'efficacité du forage en génie civil, des taux de percussion de 300 à 600 [bpm] ont montré de bons résultats.

### Glissière

La plage d'alimentation maximale recommandée pour l'installation en fonction du type de barre creuse et du couple appliqué est indiquée dans le schéma suivant.

Pour les longueurs d'installation plus courtes requises pour les applications souterraines, le réglage du débit d'alimentation n'est pas aussi important qu'en génie civil, où la stabilité et la précision du train de tiges sont des

caractéristiques essentielles. Dans ce cas, la pression d'alimentation doit être réglée de manière à ce qu'elle corresponde au taux de forage régulier réalisable.



## Scellement

Les pompes à mélange de coulis utilisées pour l'injection du système de barre creuse DSI comprennent généralement une unité de mélange et une unité de pompage. Ces pompes d'injection doivent permettre un mélange complet du coulis et une pression de pompage constante. Pour le forage et l'injection simultanés, les exigences en matière de pression ne sont pas élevées (< 7 [bar] / 100 [psi]). Un débit d'alimentation constant est donc nécessaire pour garantir que le coulis circule à l'intérieur du trou lors du forage. La pression d'injection doit être adaptée aux capacités respectives des machines. Par exemple, la pression requise est plus élevée pour les ancrages au sol longs que pour les boulons courts.

La quantité de produit à injecter dépend principalement des facteurs suivants :

- De la quantité et du type de produit de rinçage
  - De l'air, de l'eau, du mélange eau-air ou du coulis
  - Le forage et l'injection simultanés sont une technique combinée de rinçage et d'injection

- Conditions du sol
  - Les sols non liants ou les roches fracturées entraînent une consommation accrue de produits d'injection
- Rapport eau-ciment
  - Généralement entre 0,35 et 0,70

Outre la caractéristique d'installation par autoforage courante, le scellement peut être effectué soit pendant le forage avec un adaptateur d'injection rotatif, soit après l'opération de forage. Cette procédure de scellement ultérieure est réalisée à l'aide d'un adaptateur de poussée conique ou d'un raccord fileté. Si les conditions du sol doivent être améliorées, des injections multiples à l'aide de raccords pour injection ultérieure permettent de renforcer les performances du scellement. Des trous d'injection supplémentaires percés dans des barres creuses peuvent également favoriser la distribution du coulis sur toute la longueur de l'élément. Toutefois, ils réduisent la capacité de charge de l'armature de la barre creuse.



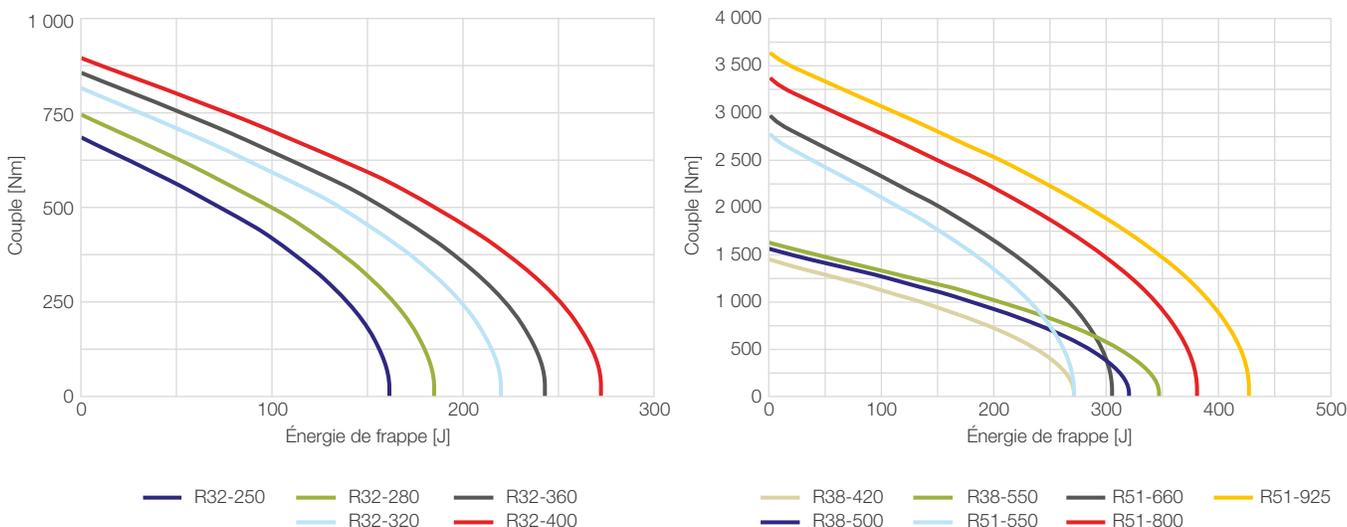
## Forage et scellement simultanés

Cette technique permet de s'assurer que le coulis est correctement et uniformément réparti sur toute la longueur de l'installation au fur et à mesure de l'avancement du forage. Elle a donné de bons résultats dans les types de sol où un renfort de coulis de ciment autour de la barre creuse

ne peut pas être correctement établi lors d'une injection de coulis ultérieure. Le coulis, qui remplace l'eau ou l'air comme produit de rinçage, est injecté dans le train de tiges par l'intermédiaire d'un adaptateur d'injection rotatif. Il imprègne le sol en même temps que l'installation et forme des renforts pour

augmenter la force d'adhérence. Pour les sols granulaires, un petit retour de coulis à l'entrée du trou de forage est nécessaire. Pour les sols cohésifs, des quantités plus importantes de coulis ou de produits de rinçage peuvent être nécessaires.

## Combinaisons recommandées d'énergie de frappe et de couple



## Méthodes d'installation

### Forage et scellement simultanés

- Assemblage du système de barre creuse DSI et connexion à l'adaptateur d'injection rotatif



- Installation par autoforage rotatif et scellement simultané



- Extension optionnelle à l'aide de raccords



- Désaccouplement de l'adaptateur d'injection rotatif



### Forage et scellement ultérieur

- Assemblage du système de barre creuse DSI et connexion au marteau hydraulique



- Installation par autoforage rotatif à percussion sans tubage : foret et barre creuse en acier à usage unique, rinçage à l'eau ou au mélange air-eau



- Extension optionnelle à l'aide de raccords



- Désaccouplement des machines de forage ; scellement ultérieur à l'aide d'un adaptateur d'injection



- Assemblage de l'ancrage ou de la tête (plaque et écrou), en fonction de l'application



# Boulon à coquille d'expansion S-D

## Introduction

Au cours de la dernière décennie, divers systèmes de boulonnage « en une étape » ont été mis au point. Cette évolution résulte de l'augmentation constante des exigences en matière de procédures d'installation et des besoins accrus en boulons autoforants qui en découlent. La gamme de boulons autoforants s'est enrichie d'un élément à coquille d'expansion pour le système de barre creuse DSI.

Ce boulon à coquille d'expansion S-D (autoforant) innovant est utilisé à la fois pour les applications souterraines et dans le génie civil. Le facteur clé du succès de ce type de boulon combiné est l'association du système de barre

creuse DSI, qui a fait ses preuves depuis longtemps, avec un élément d'expansion robuste et innovant.

Le boulon à coquille d'expansion S-D est installé par autoforage. Le forage du trou et l'installation des boulons sont réalisés en une seule étape opérationnelle. L'adaptabilité du système aux conditions changeantes du sol est une caractéristique importante. L'activation de l'élément d'expansion, immédiatement après l'installation par autoforage, permet d'obtenir une capacité de charge instantanée.

Le boulon à coquille d'expansion S-D peut éventuellement être contraint après la fixation de la plaque et de l'écrou.

L'injection ultérieure, séparée de la procédure d'installation proprement dite, permet d'optimiser davantage la durée du cycle d'installation.

Une application importante en génie civil est l'utilisation dans les fosses d'excavation, où le processus de construction nécessite une capacité de charge immédiate. Sous terre, le soutènement du front (boulons de front) et les boulons verticaux plus longs (soutènement de grandes travées dans les cavernes) sont des exemples d'application typiques de ce type de boulon combiné autoforant.



## Description du système

- Boulon à coquille d'expansion : ancré mécaniquement et entièrement injecté
- Installation par autoforage basée sur le principe du système de barre creuse DSI
- Barre creuse avec filetage extérieur gauche continu laminé à froid, utilisée comme tige de forage pendant l'installation
- Installation roto-percutante à l'aide de machines de forage souterrain standard
- Installation classique ou mécanisée
- Capacité de charge immédiate grâce à l'ancrage mécanique d'extrémité
- Possibilité de scellement ultérieur
- Plage d'application flexible de 210 à 800 [kN] (47 - 180 [kip]) : de R32-210 à R51-800
- L'utilisation de plusieurs éléments d'extension alignés ultérieurement permet d'obtenir une capacité de charge plus élevée, même en cas de terrain défavorable

## Composants du système

- Foret
  - Forets à usage unique disponibles en différents diamètres et modèles
  - Inserts trempés ou en carbure
- Coquille d'expansion S-D
  - Diamètres standard : R32, R38 et R51
  - R38 et R51 : plusieurs éléments d'extension couplés peuvent être utilisés
- Armature à barre creuse R32, R38 et R51
- Plaque
  - Différentes modèles et dimensions disponibles sur demande
- Écrou
- Adaptateur d'entraînement
  - Raccords disponibles en différentes versions

## Boulon d'expansion S-D de type R38-076 avec deux éléments d'expansion couplés



## Principaux avantages

- Capacité de charge immédiate après l'installation et l'activation de l'élément d'expansion
- Réduction du temps de cycle grâce à la séparation de la procédure de scellement et de l'installation
- Capacité à maintenir la capacité de charge même en cas de déformations importantes
- Composants du système robustes
- Procédure d'installation sûre, facile et reproductible
- Précision de forage améliorée grâce au guidage directionnel de l'élément d'expansion autoforant

## Boulon d'expansion S-D prêt à l'emploi R32-051



## Procédure d'installation

- Assemblage et connexion de l'adaptateur d'entraînement au marteau hydraulique
- Installation par autoforage rotatif à percussion (rotation anti-horaire) sans tubage : foret et barre creuse en acier à usage unique, rinçage à l'eau ou au mélange air-eau
- Extension optionnelle à l'aide de raccords
- Activation de l'élément d'expansion après que la profondeur de forage finale a été atteinte : retrait du marteau hydraulique à coups de marteau
- Désaccouplement de l'adaptateur d'entraînement
- Fixation et assemblage de l'ancrage (plaque et écrou)
- Possibilité de scellement séparé



# Coquille d'expansion

## Introduction

Les boulons à longueur libre variable assurent une précontrainte de l'ancrage et donc une transmission active de la force.

L'ancrage à coquille d'expansion à barre creuse est installé dans des trous de forage prépercés. La capacité de charge immédiate est obtenue par l'activation de la coquille d'expansion.

L'injection dans l'espace annulaire entre l'élément de traction à barre creuse et le trou de forage à l'aide d'un coulis de ciment ou de systèmes d'injection DSI est réalisée au cours d'une deuxième étape de travail.

## Principaux avantages

- Manipulation simple et temps d'installation optimisé
- Capacité de charge immédiate
- Installation sans problème dans les trous de forage aquifères
- Le choix de la barre creuse appropriée permet d'obtenir une force d'ancrage optimale
- Le filetage continu de la barre creuse permet des ajustements de longueur flexibles et une extension postérieure sur site
- Disponible pour les séries R32, R38 et R51



## Spécifications

Valeur caractéristique/type	Symbole	Unité	SK-R32-048	SK-R38-068	SK-R51-078
Diamètre extérieur nominal	$D_{e,nom}$	[mm]	48	68	78
		[in]	1,9	2,7	3,1
Longueur	L	[mm]	170	186	230
		[in]	6,7	7,3	9,1
Poids nominal	m	[kg]	1,8	4,0	7,8
		[lb]	4,0	8,8	17,2
Diamètre de trou de forage requis	Db	[mm]	52 - 58	72 - 78	90 - 95
		[in]	2,0 - 2,3	2,8 - 3,1	3,5 - 3,7
Capacité de charge nominale <sup>1)</sup>	$F_{m,nom}$	[kN]	230	400	630
		[kip]	52	90	142

1) Déterminée au cours d'essais de traction en laboratoire dans une masse rocheuse modélisée (béton).

## Procédure d'installation

- Forage d'un trou conformément aux spécifications, d'une longueur supérieure d'environ 150 [mm] (6 [in]) à celle de l'ancrage à coquille d'expansion au moment de l'installation
- Insertion de l'ancrage à coquille d'expansion assemblée dans le trou de forage. La coquille doit s'insérer dans le trou de manière étanche.
- Précontrainte à l'aide d'une visseuse à chocs ou d'un outil de vissage adéquat
- Scellement optionnel après l'installation



# Tête d'ancrage élastique

## Introduction

La tête d'ancrage élastique et la longueur libre intégrée (non liée) sont utilisées pour les applications dans les sols compacts et meubles. L'installation s'effectue soit par autoforage, soit dans un trou prépercé. La longueur de liaison est scellée.

## Principaux avantages

- Adaptation contrôlée aux grandes déformations
- Adaptable aux conditions de terrain données
- Force élastique constante et élevée
- Conception robuste et durable
- Agrément allemand pour les applications souterraines
- Manipulation simple et sûre des composants pré-assemblés

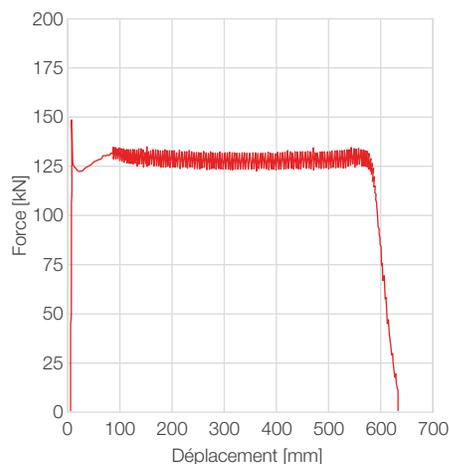


## Spécifications

Valeur caractéristique/type	Unité	R32-GK 150-L <sup>1)</sup>
Force d'élasticité	[kN]	130 - 150
	[kip]	29 - 34
Longueur élastique	[mm]	Jusqu'à 600
	[in]	Jusqu'à 23,6

1) Type de barre creuse recommandé par défaut : R32-360.

## Caractéristiques d'élasticité



## Concept de base

### Principe d'installation



### Mécanisme de fonctionnement



- Transfert de charge
  - Longueur de la liaison : injecté, de préférence en combinaison avec une coque d'expansion
  - Ancrage : plaque et tête d'ancrage élastique
- Mécanisme de fonctionnement
  - Les déformations du sol entraînent un allongement de la barre creuse dans la longueur libre
  - Élasticité contrôlée induite de la construction de la tête
- Tête d'ancrage élastique
  - Composant discret
  - Mécanisme d'absorption basé sur un cylindre avec piston intégré
  - Caractéristiques force-déplacement définies
  - Adaptable aux exigences spécifiques du projet

# Raccord pour injection ultérieure

## Introduction

Par défaut, l'espace annulaire entre la barre creuse et le sol est injecté par l'orifice de sortie du foret afin d'obtenir une meilleure transmission de la charge.

Le raccord pour injection ultérieure de la barre creuse permet une injection ultérieure ciblée à travers

le trou intérieur nettoyé de la barre creuse à l'aide de différents produits d'injection.

Ces injections peuvent être réalisées à des fins d'amélioration du sol, de scellement ou d'injection de compensation.



## Description du système

Le raccord standard est remplacé par un raccord de la barre creuse pour injection ultérieure. Ce type de raccord spécial permet des injections multiples ciblées à travers des trous d'injection alignés sur la circonférence et dotés de vannes. Les pressions d'ouverture des vannes peuvent être adaptées à la demande du client.

## Procédure d'installation

- Assemblage du système de barre creuse DSI et connexion à l'adaptateur d'injection rotatif
  - Remarque : l'installation par autoforage et le scellement ultérieur sont également possibles
- Installation par autoforage rotatif et scellement simultané
  - Processus d'injection primaire à travers le foret
  - Extension des barres creuses avec des raccords pour injection ultérieure

## Spécifications

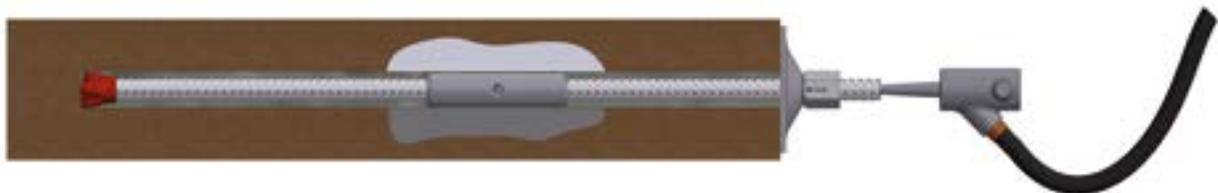
- Disponible pour les séries R32, R38, R51 et T76
- Conçu pour les capacités de charge les plus élevées
  - R32-400
  - R38-550
  - R51-800 (R51-925)
  - T76-1900
- Pression nominale d'ouverture de la vanne réglable en usine : de 8 à 20 [bar] (de 115 à 290 [psi])
- Fonction anti-retour intégrée

## Principaux avantages

- Application dans tous les types de sol
- Aucune perte partielle du produit de forage et de refroidissement pendant l'installation
- Contrôle des terrains par une injection ultérieure contrôlée et ciblée
- Pression d'ouverture nominale réglable

## Caractéristiques techniques

- La manipulation lors de l'installation est la même que pour les raccords standard.
- La capacité de charge du système (barre creuse – raccord) reste inchangée
- Des injections multiples peuvent être réalisées grâce à des vannes munies de trous d'injection
- Raccords d'injection ultérieure avec une pression supérieure à 8 [bar] (115 [psi])
- Pression d'injection maximale en fonction de l'application et des conditions du sol
- Répétition des étapes de travail si un processus d'injection consécutif est nécessaire
- Préparation de la construction de la tête, si nécessaire



## Écrous utilitaires, éléments d'ancrage et adaptateurs de forets

### Écrou à boucle et à œil

- Écrou à œil : version à usage industriel
- Écrou à boucle : version standard
- Suspensions utilitaires
- Fixation des cordes et de mâts
- Ancrage du treillis et de la géogridde



### Disques de compensation d'angle

- Ancrage sûr même en cas d'inclinaison importante
- Application standard combinée à des écrous bombés
- Version standard pour les barres creuses des séries R32 et R38



### Adaptateurs de forets

- Raccordement de barres creuses et de forets de différents diamètres
- Portefeuille de forets de grande taille pour les diamètres hors normes
- Transmission contrôlée de l'énergie de forage de la barre creuse au foret



## Équipement d'injection

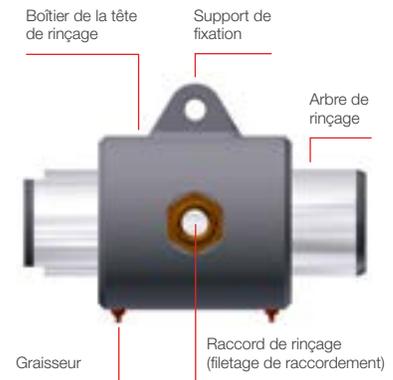
### Adaptateur d'injection rotatif

#### Composants du système

- Boîtier de la tête de rinçage
- Arbre de rinçage avec filetage de raccordement pour la barre creuse et l'adaptateur du foret
- Joint et racleur (interne)
- Support de fixation avec filetage de raccordement pour le tuyau d'injection
- Graisseur
- Caoutchouc amortissant

#### Principaux avantages

- Le forage et le scellement simultanés garantissent une liaison idéale avec les roches ou les sols meubles
- Pénétration du matériau d'injection dans le sol environnant
- Amélioration du sol et distribution homogène du matériau d'injection



### Adaptateur d'injection

- Différentes versions pour l'injection de coulis de ciment ou de résine
- Adaptateurs de poussée conique ou raccords adaptateurs filetés
- Différents raccords de tuyaux d'injection disponibles sur demande



# ***Lié de manière continue***

## **Boulons à barre d'armature (boulons SN)**

### **Principaux avantages**

- Système de boulonnage éprouvé sur le terrain
- Installation efficace et standardisée
- La fixation de l'élément de traction dans le coulis garantit une force d'adhérence optimale
- Faible sensibilité au diamètre réel du trou de forage
- Géométrie spéciale des nervures ALWAGRIP pour une force d'adhérence optimisée disponible sur demande



### **Tête de boulon standard avec rondelle plate et écrou**



### **Composants du système**

- Tige du boulon (armature)
  - Coupe en pointe ou à 45°, avec filetage laminé à froid à l'extrémité, comprenant écrou et rondelle
  - Longueur de filetage standard d'environ 120 [mm] (5 [in])
  - Géométrie spéciale des nervures ALWAGRIP pour une meilleure adhérence disponible
- Plaque
  - Plaque de boulon par défaut : bombée, avec trou allongé
  - D'autres plaques de boulons de différentes dimensions sont disponibles sur demande
- Rondelle et écrou
  - Tête de boulon avec rondelle hémisphérique disponible sur demande
  - Longueur libre facultative avec un manchon



## Spécifications en unités SI (EMEA)

Caractéristiques/type <sup>1)</sup>	Symbole	Unité	SN20-180	SN25-250	SN25-330	SN28-330	SN32-430
Diamètre nominal	$D_{e,nom}$	[mm]	20	25	25	28	32
Filetage	–	[mm]	M21	M26	M26	M30	M33
Surface nominale de la section transversale de la barre d'armature <sup>2)</sup>	$S_0$	[mm <sup>2</sup> ]	315	491	491	616	804
Poids nominal de la barre d'armature <sup>3)</sup>	m	[kg/m]	2,47	3,85	3,85	4,83	6,31
Charge d'élasticité de la barre d'armature <sup>4)</sup>	$F_{e,nom}$	[kN]	173	245	319	308	402
Charge de rupture de la barre d'armature <sup>4)</sup>	$F_{m,s,nom}$	[kN]	190	260	340	330	462
Limite d'élasticité de la barre d'armature <sup>5)</sup>	$R_{e,nom}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	550	500	650	500	500
Résistance à la traction de la barre d'armature <sup>6)</sup>	$R_{m,s,nom}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	594	540	820	540	575
Allongement ultime de la barre d'armature <sup>5)</sup>	$A_{gt}$	[%]			5,0		
Charge de rupture du système de boulon <sup>7)</sup>	$F_{m,A,nom}$	[kN]	180	250	330	330	430
Épaisseur de paroi recommandée pour la plaque	s	[mm]	8	10	12	12	12
Taille de la clé de l'écrou	SW	[mm]	36	41	41	46	50
Longueurs <sup>8)</sup>	L	[mm]			1 000 - 12 000		

1) Remarque : toutes les valeurs sont susceptibles d'être modifiées ; d'autres types, dimensions et nuances d'acier sont disponibles sur demande.

2) Calculée à partir du poids nominal :  $S_0 = 10^6 \times m / 7\,850$  [kg/m<sup>3</sup>].

3) Valeur fractile caractéristique.

4) Calculée à partir de la valeur de charge caractéristique et du poids nominal. Chiffre arrondi.

5) Acier d'armature B 500 B conformément à DIN 488-1 ou OENORM B 4700 ; B 550 B conformément à OENORM B 4700 ; acier pour boulons d'ancrage FA 650/820.

6) Calculée à partir du rapport  $R_m/R_b$  ou selon les spécifications du fabricant.

7) Valeur nominale de la charge de rupture du système : tête de boulon avec filetage laminé à froid, plaque, rondelle et écrou.

8) Des longueurs hors normes sont disponibles sur demande.

Vous trouverez de plus amples informations sur les autres types de boulons SN dans les brochures techniques locales.



## Accessoires d'installation

- Écrous
  - Plats
  - Bombés
  - À bride
  - Avec goupille de cisaillement (écrous d'entraînement)
  - Boulons à tête forgée sur demande
- Rondelles
  - Rondes
  - Versions en acier ou en plastique
  - Siège sphérique : compensation d'angle
- Indicateurs de couple et plaques
  - Voir la section « Accessoires pour boulons » du catalogue
- Outils d'installation
  - Pour foreuses portatives et marteaux perforateurs hydrauliques
  - Tourne-écrou hexagonal ou carré
  - Clé dynamométrique ou à chocs
  - Pousseurs de barres d'armature pour différentes machines de forage
- Boulons utilitaires
  - Écrous à œil disponibles sur demande



## Procédure d'installation

- Forage de trous
- Remplissage des trous de forage avec du coulis
- Insertion manuelle des boulons SN dans les trous de forage pré-remplis ; fixation dans le trou de forage à l'aide d'un coin ou d'un dispositif similaire.
- Le temps de durcissement doit être déterminé en fonction du coulis appliqué ou des instructions d'installation en vigueur
- Application d'une contrainte sur la tête du boulon par le serrage de l'écrou



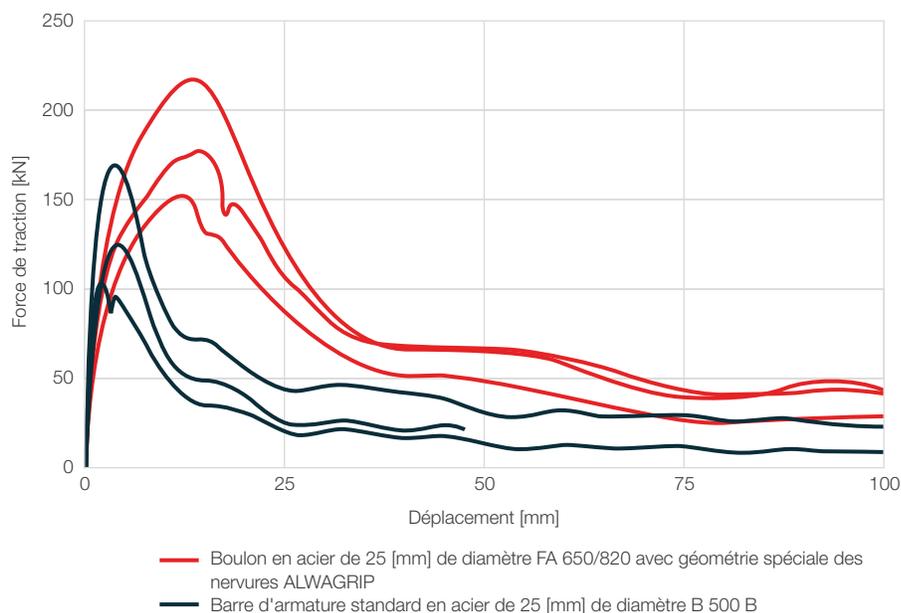
## Géométrie spéciale des nervures ALWAGRIP

- Conforme à la directive RVS 8T, association autrichienne de recherche sur les routes, les chemins de fer et les transports
- La géométrie des nervures des boulons SN conventionnels est conforme à la réglementation relative à l'armature en acier du béton
- Surface de nervure obtenue : entre 0,02 et 0,04 (voir RVS 8T)
- Les déformations du sol dans les tunnels se produisent généralement immédiatement après l'installation des boulons SN, c'est pourquoi les exigences en matière de développement de la force d'adhérence diffèrent de celles des constructions en béton armé
- Développement de la géométrie spéciale des nervures ALWAGRIP conformément aux exigences relatives aux boulons SN pour le forage de tunnels, en particulier dans des contextes de convergence de la roche
- Les caractéristiques des matériaux des boulons SN avec la géométrie spéciale des nervures ALWAGRIP sont considérablement meilleures que celles des ancrages et boulons similaires avec des nervures de soutènement du béton
- Les avantages de l'utilisation d'une nuance d'acier à limite d'élasticité plus élevée sont observables après un temps de durcissement de 12 heures



## Résultats des essais de traction en laboratoire

- Examen de la liaison interne pour deux types d'acier pour boulons différents en fonction du temps de durcissement
- Résultats des essais de traction après 12 heures de durcissement, longueur de la liaison de 500 [mm] (20 [in])



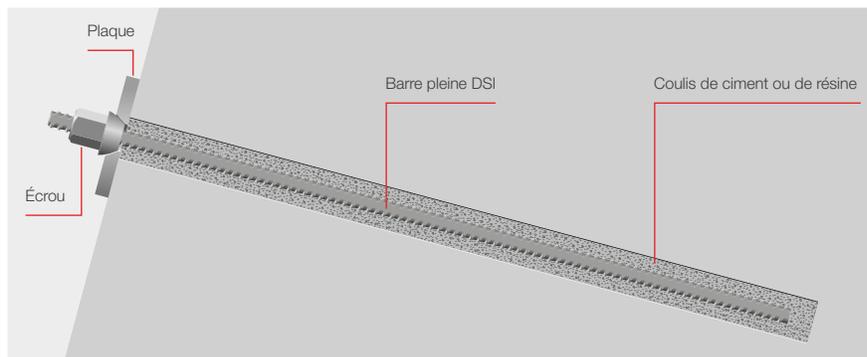
## Références supplémentaires

- Schubert, W. (éd.) : Recommendation – Fully mortared rock bolts (SN-Anchors) – Special Rib Geometry and requirements for the mortar; Institute of Rock Mechanics and Tunneling ; Graz, Autriche, 1997-07
- Bluemel, M. : Bearing load of rock bolts in squeezing rock mass, travaux ISRM International Symposium EUROCK '96 Turin, Italie, Balkema Rotterdam, 1996
- Bluemel, M. ; Schweiger, H.F. ; Golser, H. : Effect of Rib Geometry on the Mechanical Behaviour of Grouted Rock Bolts, travaux du World Tunnel Congress de 1997, 23<sup>e</sup> assemblée générale de l'International Tunneling Ass., Vienne, Autriche, 1997

## Systeme de barre pleine DSI

### Principaux avantages

- Rapport optimisé entre la capacité du boulon et le diamètre du trou de forage
- La barre filetée continue permet le réglage de la longueur et l'extension ultérieure sur site
- Filetage grossier résistant à l'usure, conforme aux exigences en matière de forage de tunnels



### Composants du système

- Barre pleine DSI
  - Avec filetage grossier à droite ou à gauche
  - Extension optionnelle à l'aide de raccords
- Plaque
  - Plate ou bombée
- Écrou
  - Bombé ou hexagonal
  - Boulons à œil disponibles sur demande
- Version avec double protection contre la corrosion et systèmes à longueur libre avec tube protecteur disponibles sur demande
- Coquille d'expansion en acier disponible sur demande
- Boulon d'ancrage pour exploitation minière DSI de type GS25-340
  - Acier ductile spécial 500/700 [N/mm<sup>2</sup>]
  - Allongement ultime accru A<sub>5</sub> : 20 %
  - Disponible sur demande



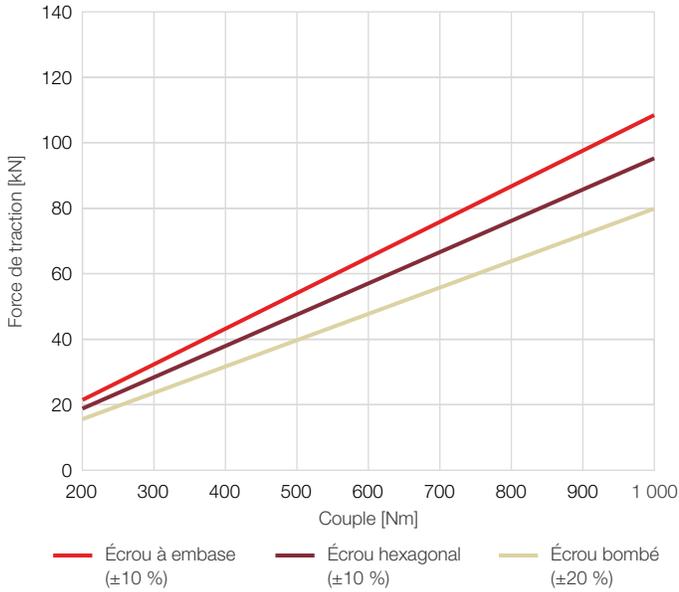
### Spécifications en unités SI (EMEA) <sup>1)</sup>

Type	Diamètre nominal	Surface de la section transversale	Limite d'élasticité	Résistance à la traction	Charge d'élasticité	Charge de rupture
[-]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN]
Barre pleine DSI type 550/620 filetage à gauche	20	314	550	620	173	195
	25	491	550	620	270	304
	28	616	550	620	339	382
	32	804	550	620	442	499
	40	1 257	550	620	691	779
Barre pleine DSI type 670/800 filetage à droite	50	1 963	550	620	1 080	1 217
	18	254	670	800	170	203
	22	380	670	800	255	304
	25	491	670	800	329	393
	28	616	670	800	413	493
	30	707	670	800	474	566
	35	962	670	800	645	770
	43	1 452	670	800	973	1 162
50	1 963	670	800	1 315	1 571	

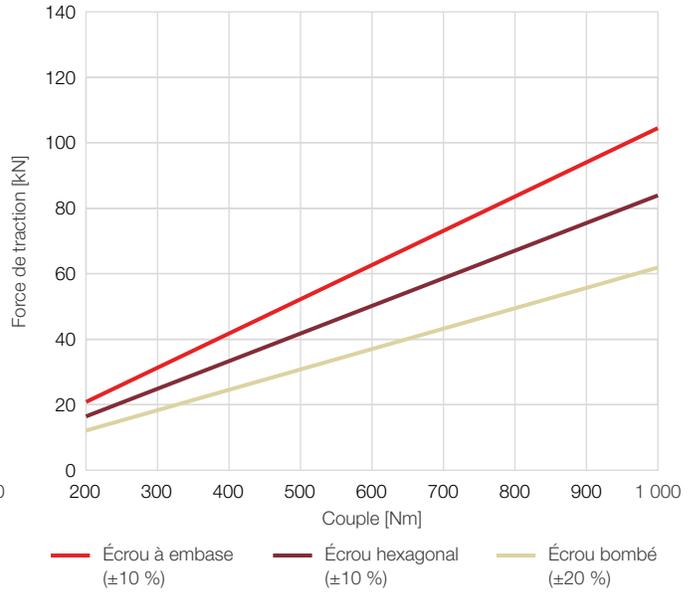
1) Autres nuances d'acier alternatives et diamètres supérieurs à 50 [mm] (2 [in]) disponibles sur demande.

## Relation couple-traction

Barre pleine DSI à filetage à gauche de 25 [mm] de diamètre



Barre pleine DSI à filetage à gauche de 28 [mm] de diamètre



## Spécifications en unités de mesure américaines courantes (Amérique du Nord) <sup>1)</sup>

Type	Désignation	Diamètre extérieur maximal	Surface de la section transversale	Limite d'élasticité	Charge d'élasticité nominale	Poids nominal
[-]	[-]	[in]	[in <sup>2</sup> ]	[ksi]	[kip]	[lb/ft]
Barre pleine DSI à filetage à gauche de nuance 75/80	N° 6	0,86	0,44	75	33,0	1,50
	N° 7	0,99	0,60	75	45,0	2,04
	N° 8	1,12	0,79	75	59,3	2,67
	N° 9	1,26	1,00	75	75,0	3,40
	N° 10	1,43	1,27	75	95,3	4,30
	N° 11	1,61	1,56	75	117,0	5,31
	N° 14	1,86	2,25	80	180,0	7,65
Barre pleine DSI à filetage à droite de nuance 100	N° 6	0,86	0,44	100	44,0	1,50
	N° 7	0,99	0,60	100	60,0	2,04
	N° 8	1,12	0,79	100	79,0	2,67
	N° 9	1,26	1,00	100	100,0	3,40
	N° 10	1,43	1,27	100	127,0	4,30
	N° 11	1,61	1,56	100	156,0	5,31
	N° 14	1,86	2,25	100	225,0	7,65

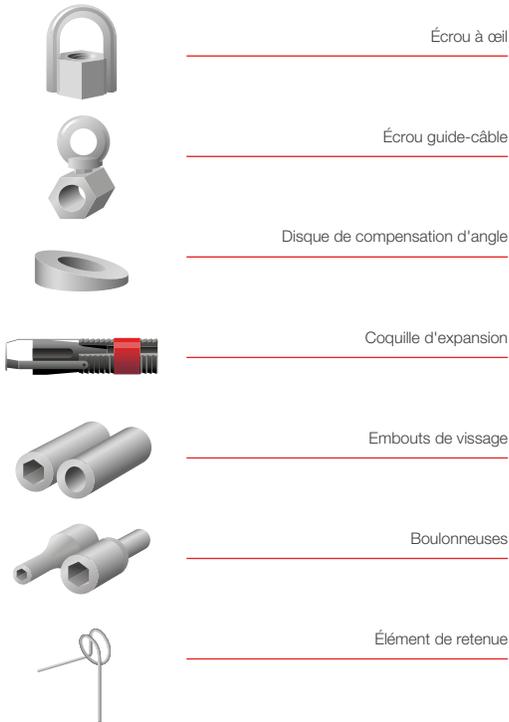
1) Acier d'armature conforme aux normes ASTM A615-92b et CSA G30.18M-92.

## Boulon à résine Posimix

- Fil à ressort spécialement conçu, fixé à l'extrémité du trou supérieur
- Idéal pour l'installation de boulons scellés à la résine dans des trous de forage de grand diamètre
- Les caractéristiques hélicoïdales permet de centrer les boulons et d'améliorer le mélange des cartouches de résine
- Réduction des effets de « gantage »



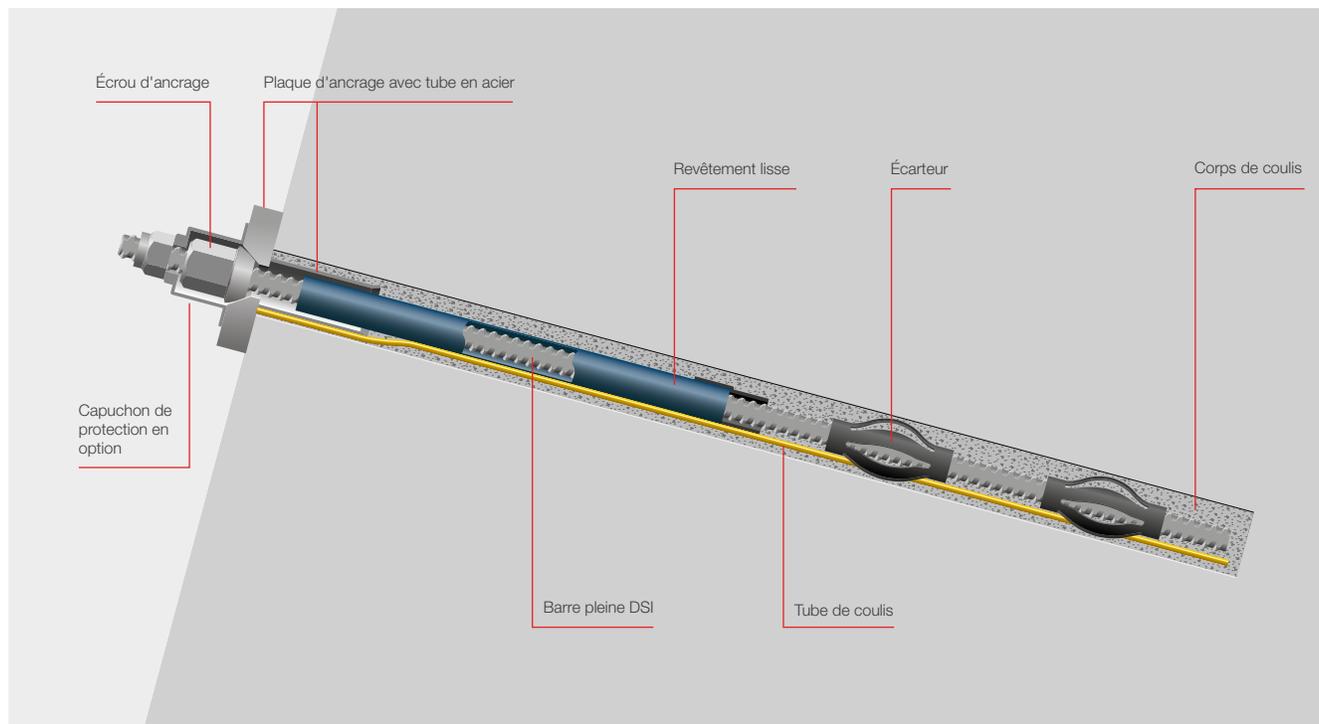
## Accessoires du système



## Ancrages à barre pleine DSI

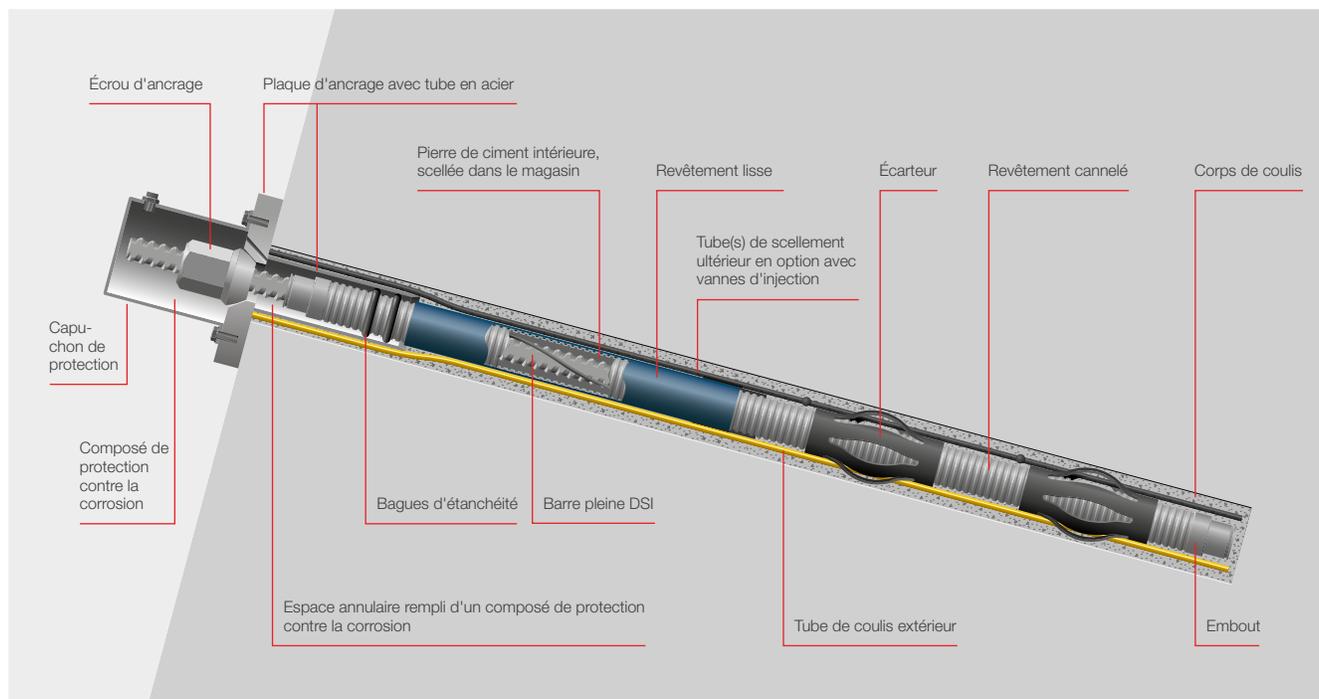
### Ancrages temporaires

- Protection contre la corrosion grâce à un coulis de ciment
- Agrément pour utilisation temporaire



### Ancrages permanents

- Double protection contre la corrosion (DCP) : revêtement cannelé pré-coulé avec contrôle de la largeur des fissures
- Agrément pour utilisation permanente



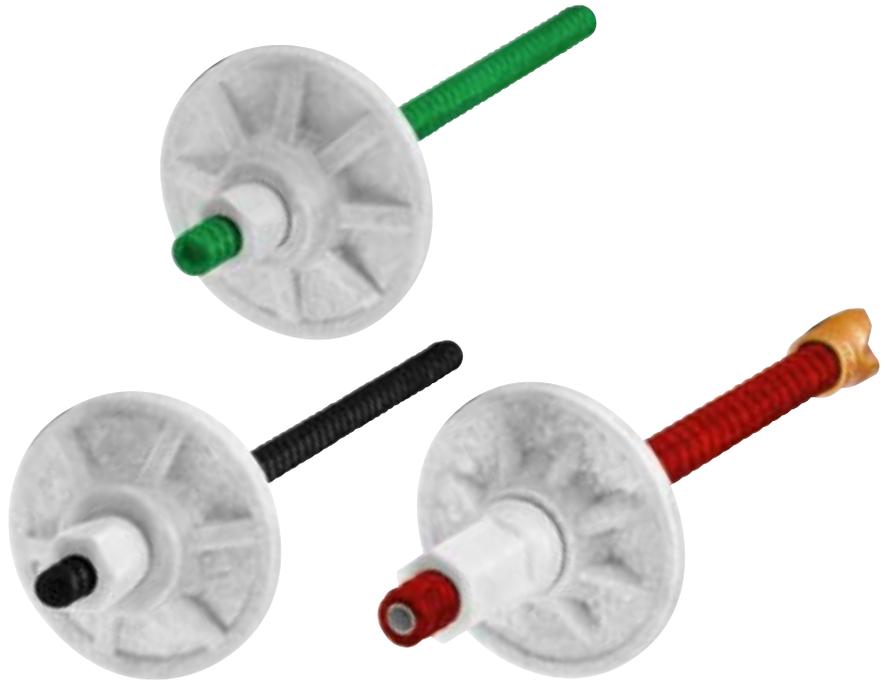
## **Boulons en PRV**

### **Introduction**

Les boulons en plastique renforcé de fibre de verre (PRV) sont utilisés comme alternative aux éléments de contrôle des terrains conventionnels en acier. Grâce au développement rapide des technologies de production et à des excavations mécaniques de plus en plus nombreuses, les systèmes en PRV ont pris de l'importance dans le secteur du forage de tunnels dans le monde entier.

Les domaines d'application des boulons en PRV couvrent aussi bien les boulons sectionnables pour les excavations mécaniques que les lances d'injection ou l'enfilage.

DSI Underground fournit un portefeuille diversifié de systèmes en PRV pour de nombreuses applications souterraines, renforcé par une longue expérience dans la production et l'application de boulons en PRV.



### **Principaux avantages**

- Le système léger assure une manipulation et une installation faciles
- Capacité de charge à haute résistance
- Robuste et durable, mais facile à couper à l'aide d'excavateurs mécaniques ou de haveuses
- Résistance accrue à la corrosion
- Composants antistatiques – Système antidéflagrant
- Forme de filetage robuste et résistante adaptée aux exigences de l'industrie de la construction



## Description du système

- Système composite composé de fibres de verre très résistantes et de résine haute performance
- Agrément allemand pour les applications souterraines
- Disponible en différentes versions
  - Type CS : barres pleines entièrement filetées
  - Type CH : barres creuses entièrement filetées
  - Type CR : barres creuses autoforantes entièrement filetées avec structure composite avancée et résistante
  - Barres d'armature et treillis composite
- Installation en combinaison avec du béton, du coulis de ciment, du mortier d'ancrage, des cartouches de résine ou Mineral Bolt

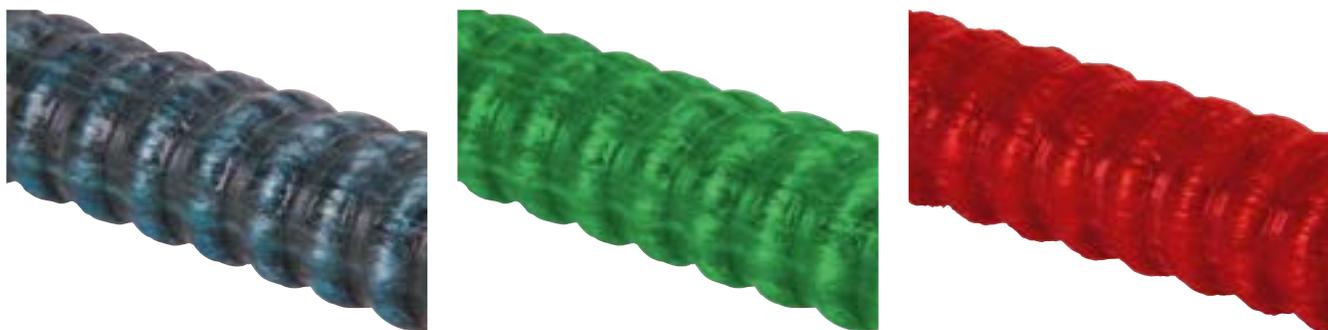
## Composants du système

- Type CS
  - Barre pleine entièrement filetée en PRV
  - Plaque en PRV
  - Écrou en PRV
- Type CH
  - Barre creuse entièrement filetée
  - Plaque en PRV
  - Écrou en PRV
- Type CR
  - Foret à usage unique : différents modèles et dimensions disponibles
  - Barre creuse autoforante entièrement filetée
  - Plaque en PRV
  - Écrou en PRV



## Spécifications en unités SI

Valeur caractéristique/type <sup>1) 2)</sup>	Symbole	Unité	CS20-190	CS25-300	CS32-560	CH25-250	CH32-350	CR32-315	
Diamètre extérieur nominal	D <sub>e,nom</sub>	[mm]	20	25	32	25	32	32	
Surface nominale de la section transversale <sup>3)</sup>	S <sub>0</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	186	346	580	230	340	340	
Poids nominal <sup>3)</sup>	m	[kg/m]	0,60	0,90	1,30	0,65	1,00	0,95	
Charge de rupture de la barre <sup>4)</sup>	F <sub>m,nom</sub>	[kN]	190	300	560	250	350	315	
Résistance à la rupture de la barre	R <sub>m,nom</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 000	900	1 000	1 000	1 000	900	
Allongement ultime de la barre	A	[%]	2,5	1,7	2,5	2,5	2,5	1,5	
Force de cisaillement de la barre	F <sub>S,nom</sub>	[kN]	90	160	230	110	140	140	
Module d'élasticité	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	40 000	51 000	40 000	40 000	40 000	61 000	
Charge de rupture du système	Écrou hexagonal en acier	–	[kN]	70	170	130	100	130	140
	Écrou bombé en PRV	–	[kN]	70	70	90	70	90	105
	Écrou hexagonal en PRV	–	[kN]	70	170	120	100	120	200
	Raccord en acier	–	[kN]	80	165	180	170	180	185
Longueurs <sup>5)</sup>	L	[m]	1,0 - 6,0						
Code couleur	–	[–]	NOIR	NOIR	NOIR	VERT	VERT	ROUGE	



## Spécifications en unités de mesure américaines courantes (autres types disponibles sur demande)

Valeur caractéristique/type <sup>1) 2)</sup>	Symbole	Unité	CS20-190	CS25-300	CS32-560	CH25-250	CH32-350	CR32-315	
Diamètre extérieur nominal	D <sub>e,nom</sub>	[in]	0,79	0,98	1,25	0,98	1,25	1,25	
Surface nominale de la section transversale <sup>3)</sup>	S <sub>0</sub>	[in <sup>2</sup> ]	0,29	0,54	0,90	0,36	0,53	0,53	
Poids nominal <sup>3)</sup>	m	[lb/ft]	0,4	0,6	0,9	0,4	0,7	0,6	
Charge de rupture de la barre <sup>4)</sup>	F <sub>m,nom</sub>	[kip]	43	67	126	56	79	71	
Résistance à la rupture de la barre	R <sub>m,nom</sub>	[ksi]	145	131	145	145	145	131	
Allongement ultime de la barre	A	[%]	2,5	1,7	2,5	2,5	2,5	1,5	
Force de cisaillement de la barre	F <sub>S,nom</sub>	[kip]	20	36	52	25	31	31	
Module d'élasticité	E	[ksi]	5 800	7 400	5 800	5 800	5 800	8 850	
Charge de rupture du système	Écrou hexagonal en acier	–	[kip]	16	38	29	22	29	31
	Écrou bombé en PRV	–	[kip]	16	16	20	16	20	24
	Écrou hexagonal en PRV	–	[kip]	16	38	27	22	27	45
	Raccord en acier	–	[kip]	18	37	40	38	40	42
Longueurs <sup>5)</sup>	L	[ft]	20 - 39						
Code couleur	–	[–]	NOIR	NOIR	NOIR	VERT	VERT	ROUGE	

1) Remarque : toutes les valeurs sont susceptibles d'être modifiées ; d'autres modèles et dimensions sont disponibles sur demande ; les plaques correspondantes sont conformes aux spécifications du fabricant.

2) Selon les spécifications du fabricant ou l'agrément allemand pour les applications souterraines.

3) Valeur fractile caractéristique.

4) Calculée à partir de la valeur caractéristique de la résistance à la rupture et du poids nominal. Chiffre arrondi.

5) Longueurs standard max de 6 [m] (19,7 [ft]), longueurs personnalisées jusqu'à 11,8 [m] (38,7 [ft]) disponibles sur demande.

## Caractéristiques techniques

### Taillants

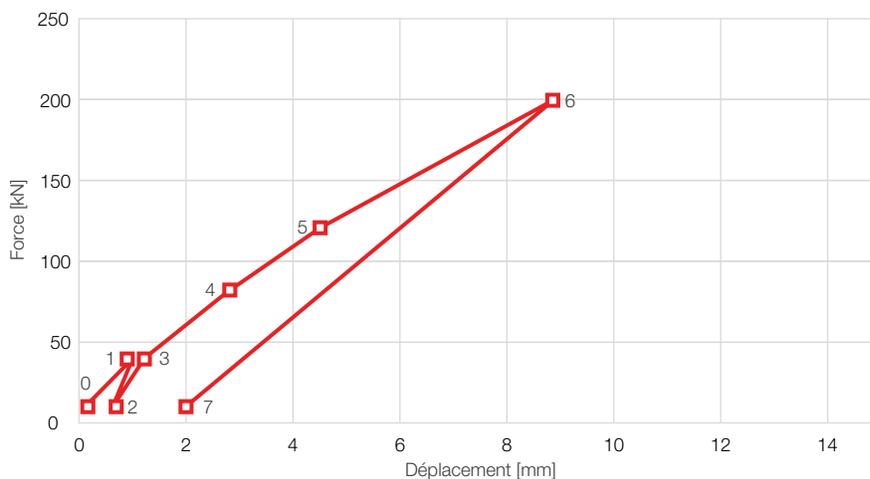
- Pour réussir l'installation, il faut choisir le bon foret
- Gamme complète de forets pour différents types de sols
- Optimisés en termes de capacité de coupe et de performances de forage
- Adaptés aux exigences des applications souterraines
- De plus amples informations sur les caractéristiques et la sélection des forets sont disponibles dans la section du catalogue « Système de barre creuse DSI »



### Accessoires

- Accessoires en acier disponibles sur demande
- Barres d'armature en PRV
  - Barre pleine entièrement filetée en PRV
  - Filetage selon les exigences des éléments de soutènement du béton
  - Raccords en fonction de l'application
  - Cages d'armatures disponibles sur demande
- Treillis composite en PRV
  - Treillis à boulons et filets pare-pierres disponibles sur demande

Essai de traction in situ (DIN 21521-2) : diagramme charge-déplacement CR32-315 avec Mineral Bolt MI



# **Boulons à câble**

## **Introduction**

- Cavernes souterraines
- Boulonnage dans des conditions d'espace limité
- Soutènement des routes et passerelles
- Boulonnage dans le toit des jonctions en T longue taille

## **Principaux avantages**

- Les longs boulons à câble sont facilement déplaçables dans un espace limité
- Capacité de charge élevée pour un faible poids au mètre
- Longueurs de boulons flexibles
- Installation à l'aide de cartouches de ciment, de cartouches de résine, de coulis de ciment ou de résine d'injection
- Différents types de tendeurs de boulons à câble sont disponibles sur demande

## **Description du système**

- Les boulons à câble sont disponibles en différentes versions
- Boulons à câble creux ou à usage industriel disponibles sur demande

### **Boulon à câble passif, version plate**



### **Boulon à câble passif, version bombée**

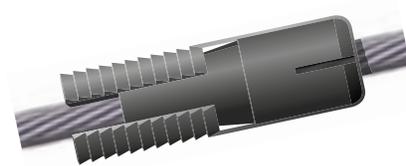


### **Boulon à câble creux**



## Composants du système

- Dispositif de retenue d'extrémité
  - Hameçon à toron unique
- Coquille d'expansion
  - À ressort
- Toron de précontrainte 7 fils
  - Toron non revêtu à faible relaxation
  - 1 fil central et 6 fils extérieurs
  - Version plate ou bombée
  - Différentes longueurs spécifiques au client
  - Torons graissés avec longueurs libres disponibles sur demande
- Plaque
  - Différentes modèles et dimensions disponibles sur demande
- Corps bombé et serre-câble à coin
  - Corps bombé
  - 3 coins
  - Capuchon en plastique en option
- Tubes d'injection et reniflard
  - Versions standard 13 x 2 [mm] (0,5 x 0,08 [in]) et 16 x 2 [mm] (0,6 x 0,08 [in])
  - D'autres conceptions et dimensions sont disponibles sur demande
- Emballage
  - En vrac
  - Différentes options de livraison de bobines sur demande
- Vous trouverez de plus amples informations sur les boulons à câble dans les brochures techniques locales



## Spécifications en unités SI (EMEA)

Caractéristiques/type	Unité	CB15.3		CB15.7	
Diamètre nominal	[mm]	15,3		15,7	
Section transversale	[mm <sup>2</sup> ]	140		150	
Poids	[kg/m]	1,09		1,17	
Limite d'élasticité $R_{p0,1}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 560	1 680	1 560	1 680
Résistance à la traction	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 770	1 860	1 770	1 860
Charge d'élasticité $F_{p0,1}$	[kN]	218	229	243	246
Charge de rupture	[kN]	248	260	266	279

## Accessoires

- Manchons de décollement
- Versions à écrou tournant pour la contrainte
- Systèmes d'injection DSI et cartouches de résine FASLOC®
- Boulon à câble pouvant être contraint
  - Manchon de compression
  - Filetage métrique ou UNC
  - Écrou tendeur
- Tendeur de boulon à câble
- Coquille d'expansion de boulon à câble
- Raccord en forme d'os de chien pour élingues ou treillis
- Indicateurs de charge
- Composants de système galvanisés disponibles sur demande
- Garnitures d'étanchéité et scellements de trous de forage disponibles sur demande

## Boulon à câble DCP TEN (AU)

- Boulon à câble flexible HI-TEN
- Version du boulon de câble combiné à usage industriel
- Point d'ancrage : coquille d'expansion
- Scellement ultérieur grâce à l'embout de scellement intégré
- Manchon cannelé en PEHD pour le transfert de charge et la protection contre la corrosion
- Ensemble corps et coin avec embout de scellement intégré pour la fermeture de l'orifice
- Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits

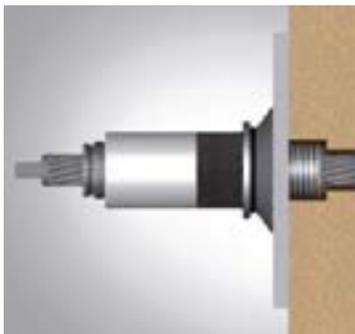
Caractéristiques/type	Unité	DTC23
Diamètre nominal	[mm]	23,5
Poids	[kg/m]	2,87
Charge d'élasticité $F_{p0,1}$	[kN]	480
Charge de rupture	[kN]	590
Allongement ultime	[%]	3 - 4
Gamme de diamètres de trou de forage	[mm]	45 - 50



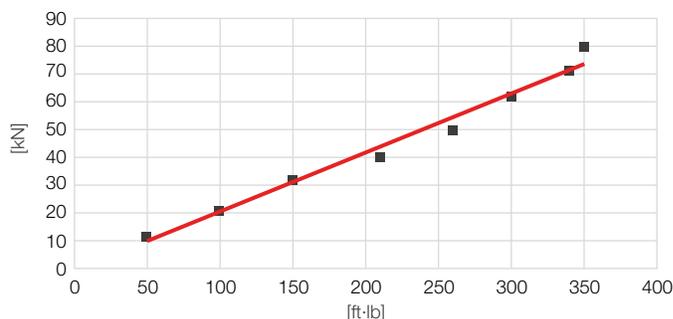
## Boulon à câble EZI TEN (AU)

- Boulon de câble HI-TEN précontraint par douille de serrage et doté d'une attache de toron
- Installation dans des trous de forage d'un diamètre de 28 [mm] (1,1 [in]) avec une section d'alésage de 150 [mm] (5,9 [in]) de long et de 42 [mm] (1,7 [in]) de diamètre
- Point d'ancrage : cartouche de résine
- Ensemble corps et coin comprenant un tendeur fileté pour le boulonnage mécanisé
- Procédure d'installation simple et rapide : aucun tendeur hydraulique spécial n'est nécessaire
- Installation avec une douille AF de 56 [mm] (2,2 [in])
- Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits

Caractéristiques/type	Unité	ETC23
Diamètre nominal	[mm]	23,5
Poids	[kg/m]	2,87
Charge d'élasticité $F_{p0,1}$	[kN]	480
Charge de rupture	[kN]	590
Allongement ultime	[%]	3 - 4
Diamètre du trou de forage	[mm]	28/42
Longueur de la tige	[mm]	180 - 250
Diamètre maximal de la tête de boulon	[mm]	56
Diamètre maximal de la douille de serrage	[mm]	74



## Couple contre traction



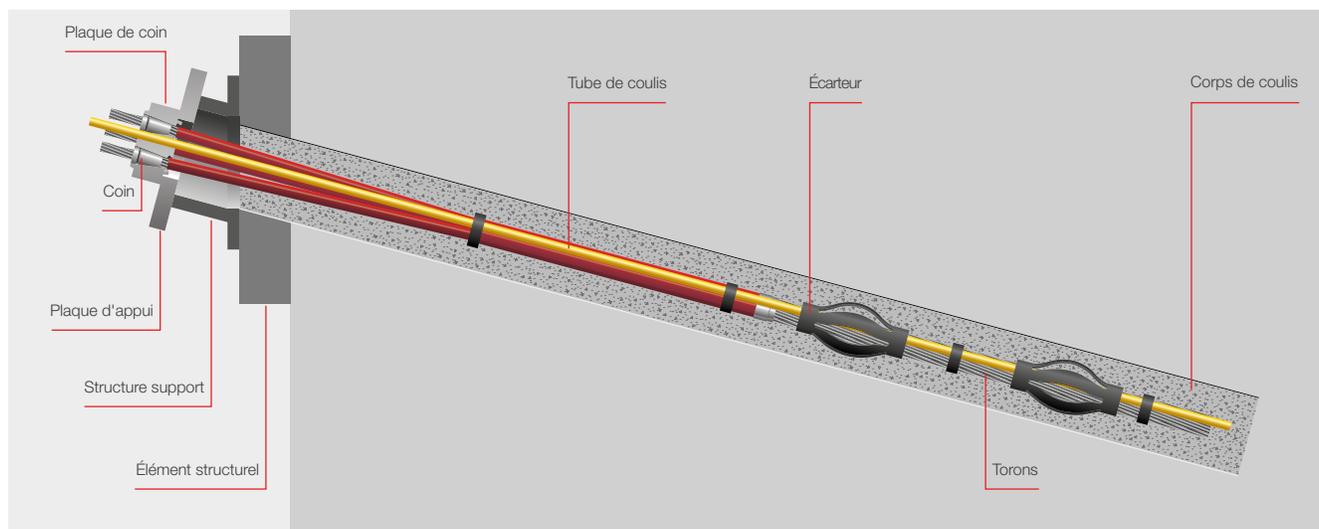
## Boulon à câble creux HI-TEN (AU)

- Câble creux flexible à haute tension avec tube central
- Entraînement hexagonal pour le mélange de cartouches de résine et l'adaptation de la lance de scellement
- Point d'ancrage : cartouche de résine ou coquille d'expansion à ressort
- Ensemble corps et coin pour la fermeture de l'orifice
- Dispositif intégré d'injection de ciment du haut vers le bas (coulis thixotropique) à travers le tube central dans le câble
- Buse de libération de coulis par défaut avec barrage en résine
- Buses en option pour un meilleur transfert de charge
- Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits

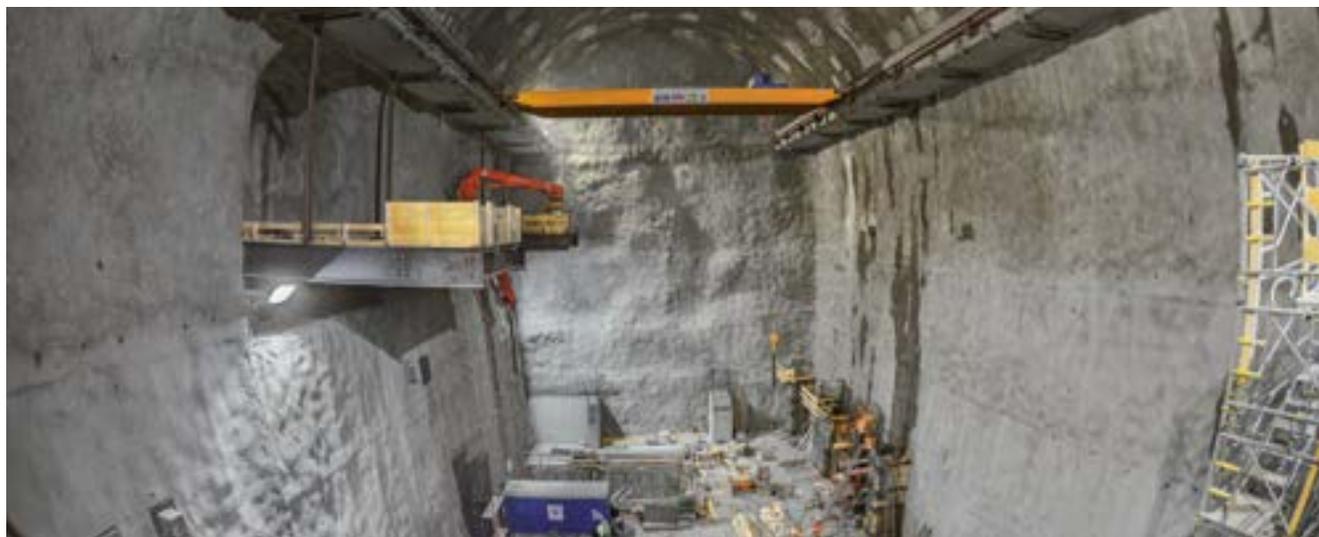
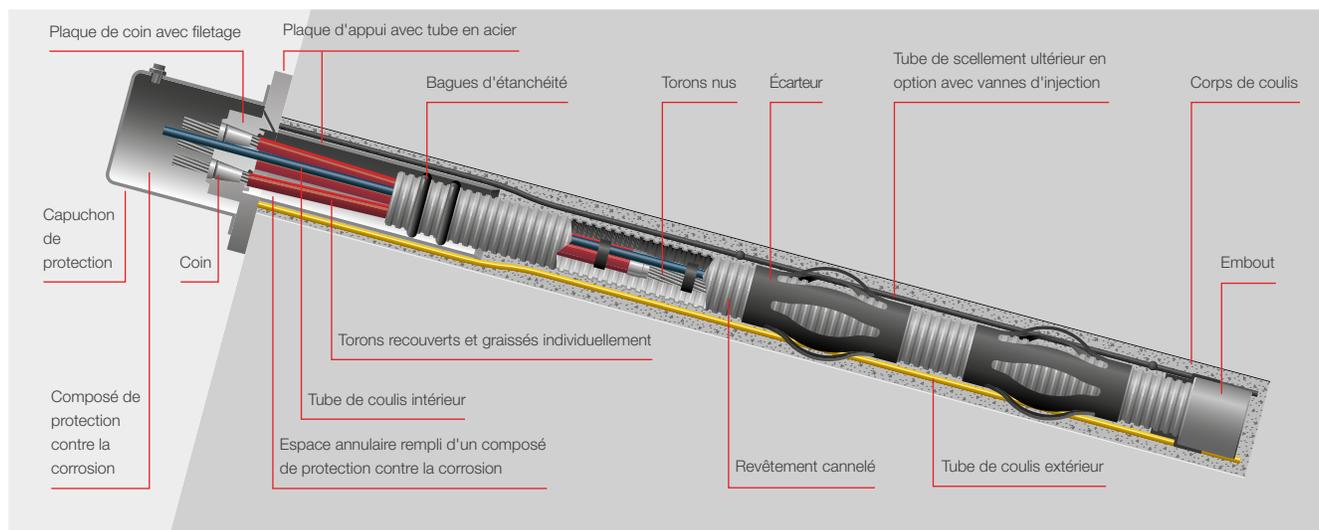
Caractéristiques/type	Unité	HTC28
Diamètre nominal	[mm]	28
Poids	[kg/m]	2,8
Charge d'élasticité $F_{p0,1}$	[kN]	550
Charge de rupture	[kN]	605

# Ancrages à torons

## Temporaires



## Permanents



# Tendeurs de boulons à câble

## Introduction

Les tendeurs de boulons à câble sont utilisés pour la précontrainte ou la tension préalable active des boulons à câble. Ces dispositifs destinés aux opérations souterraines se caractérisent par leur faible poids, leur robustesse et leur facilité d'utilisation. DSI Underground propose différents systèmes de boulons à câble et de tendeurs de boulons à câble pour répondre aux besoins de chaque application.

## Domaines d'application

- Précontrainte des boulons à câble de type 0,6", CB15,3 et CB15,7
- Précontrainte des boulons à câble avec longueur libre
- Lors de la traction ou de la précontrainte, il convient de respecter les forces autorisées pour les boulons à câble utilisés

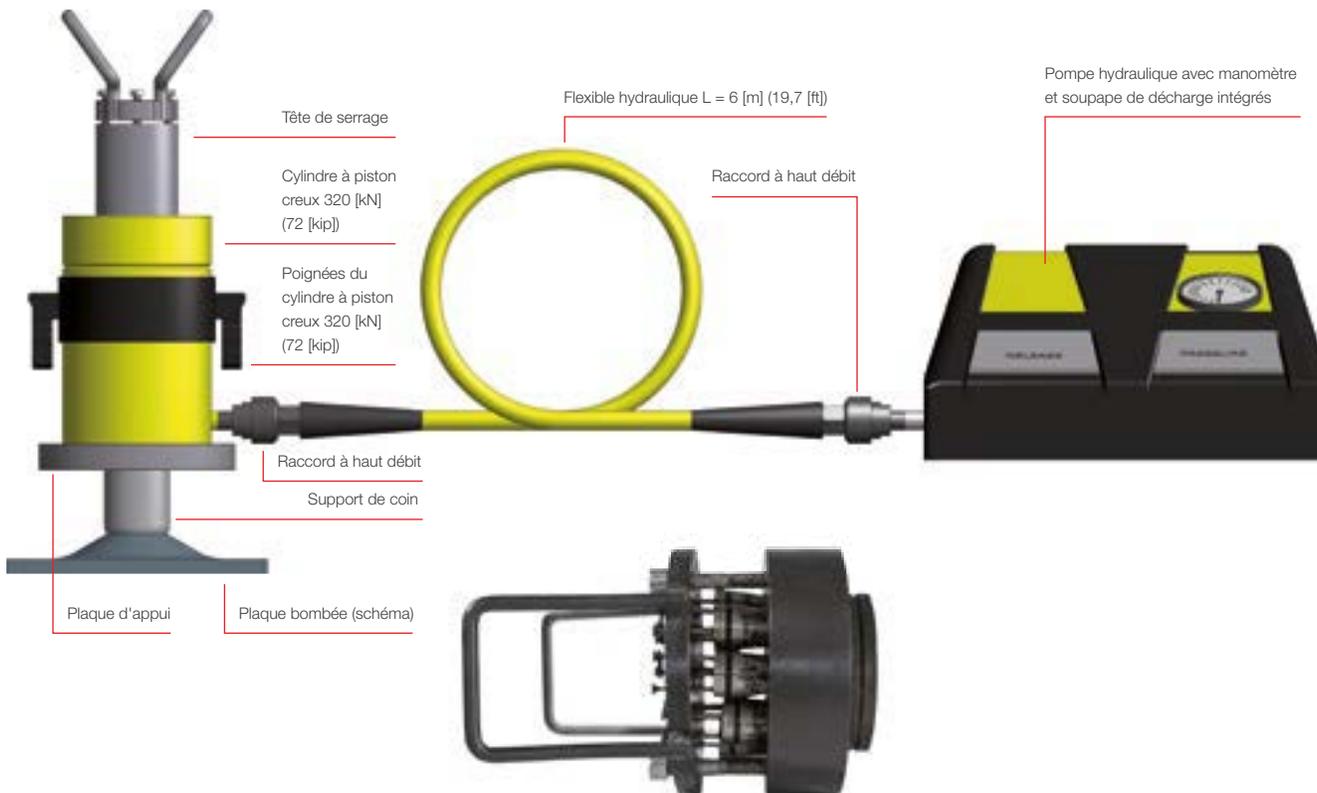
## Procédure d'installation du boulon à câble passif

- Forage de trous
- Le choix du diamètre du trou de forage dépend de la machine de forage, de la longueur du boulon à câble et de l'agent de liaison
- Version A : remplissage du trou avec du coulis de ciment ou des cartouches de résine, puis insertion du boulon à câble
- Version B : insertion du boulon à câble avec le tuyau d'injection installé en usine, puis injection d'un coulis de ciment ou d'une résine d'injection
- Ancrage de la tête : plaque et coin ou manchon de compression
- Précontrainte de l'ensemble corps et coin à l'aide d'un tendeur de boulons à câble

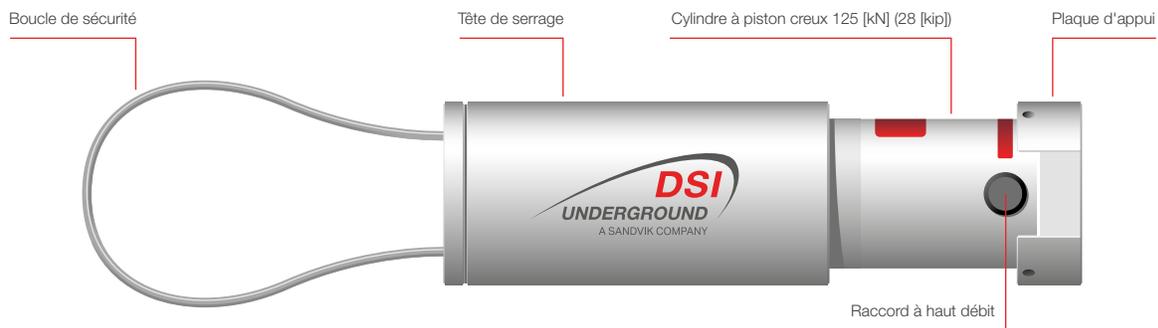
## Spécifications

Valeur caractéristique/type	Unité	CBT-125	CBT-300	TEN-22
Force de traction	[kN]	125	320	215
	[kip]	28	72	48
Poids	[kg]	10	16	12
	[lb]	22	35	26

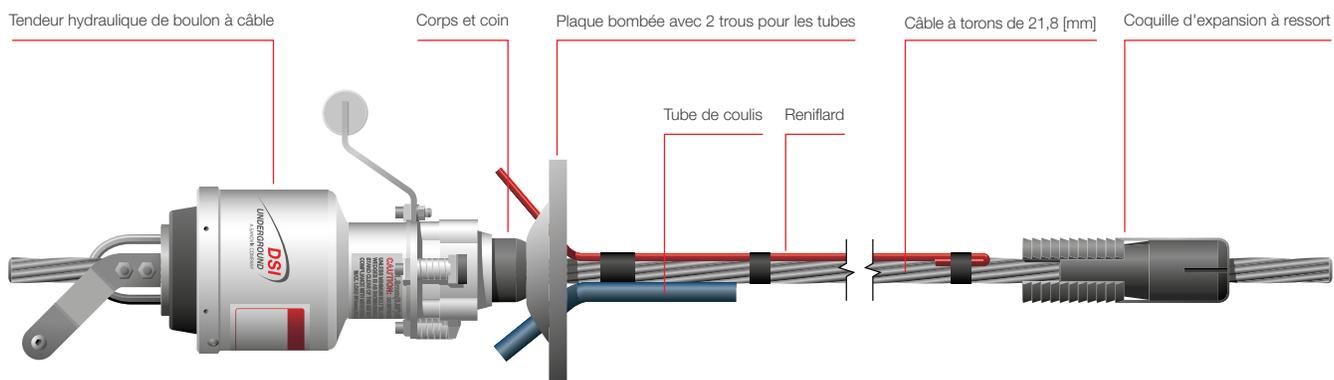
## Composants du système de type CBT-300



## Composants du système de type CBT-125



## Composants du système de type TEN-22



# **Frottement continu**

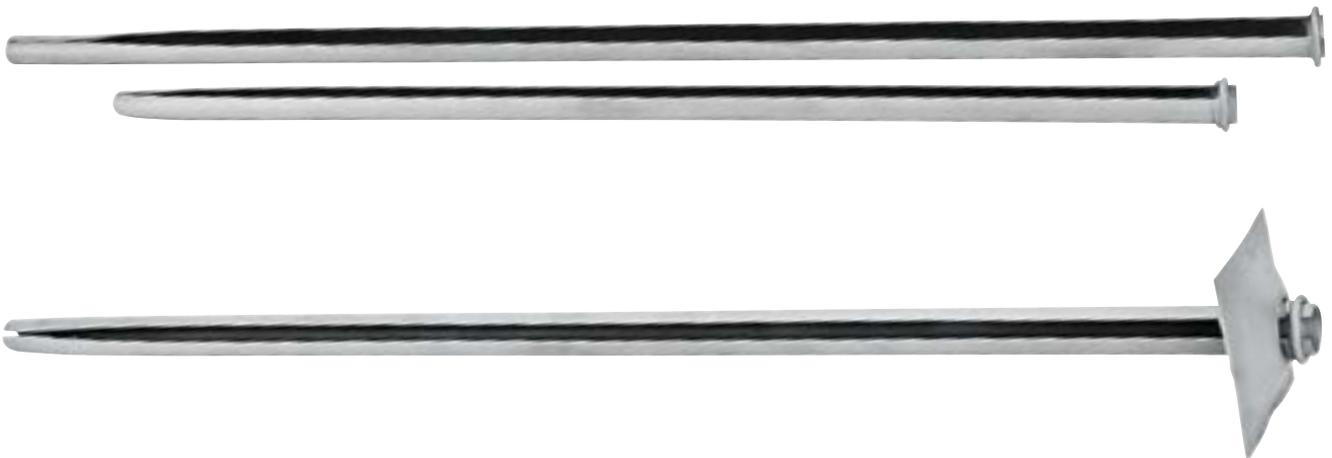
## **Boulons frottants**

### **Introduction**

Les boulons frottants sont principalement utilisés pour le soutènement des roches dans les mines souterraines. La tige du boulon frottant est constitué d'une bande de métal qui est pliée pour former un tube fendu. Le boulon est installé dans un trou de forage par application d'une énergie de frappe. Le trou de forage a un diamètre légèrement inférieur au diamètre extérieur du tube de boulon.

Le principe de ce système de boulonnage est basé sur la liaison entre le trou de forage et la tige du boulon tubulaire, provoquée par l'application d'une force sur la paroi du trou, ce qui génère une résistance par frottement dans la direction axiale.

Récemment, un système de boulon frottant autoforant, le POWER SET, a été développé par DSI Underground pour compléter la gamme des boulons frottants conventionnels.



### **Principaux avantages**

- Procédure d'installation simple et rapide
- L'installation peut se faire aussi bien manuellement que mécaniquement
- Capacité de charge immédiate après installation
- Faible sensibilité aux déplacements du sol

### **Caractéristiques techniques**

- Les écarts entre les diamètres réels des trous de forage affectent la capacité de charge des boulons frottants
- La capacité de charge réelle dépend des conditions du sol
- Les diamètres des trous de forage doivent être adaptés lorsqu'ils sont installés dans des masses rocheuses tendres ou fortement fissurées.

### **Composants du système**

- Tube de boulon frottant
  - Tube en acier fendu
  - Conique à l'extrémité
  - Bague de fixation soudée
- Plaque
  - Version bombée par défaut
  - Différentes modèles et dimensions disponibles sur demande
- Composants galvanisés ou revêtus disponibles sur demande

## Spécifications en unités SI

Caractéristiques/type <sup>1)</sup>	Symbole	Unité	FS33	FS39	FS46
Diamètre extérieur <sup>2)</sup>	D <sub>e</sub>	[mm]	33	39	46
Poids nominal <sup>2)</sup>	m	[kg/m]	1,5	1,8	2,9
Charge de rupture <sup>2)</sup>	F <sub>m</sub>	[kN]	105	110	150
Limite d'élasticité <sup>3)</sup>	R <sub>e</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	410	410	410
Résistance à la rupture <sup>3)</sup>	R <sub>m</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	520	520	520
Allongement <sup>3)</sup>	A	[%]	10	10	10
Diamètre de foret recommandé	B	[mm]	30 - 32	36 - 38	41 - 44
Longueurs <sup>4)</sup>	L	[mm]		600 - 4 000	

## Spécifications en unités de mesure américaines courantes

Caractéristiques/type <sup>1)</sup>	Symbole	Unité	FS33	FS39	FS46
Diamètre extérieur <sup>2)</sup>	D <sub>e</sub>	[in]	1,3	1,5	1,8
Poids nominal <sup>2)</sup>	m	[lb/ft]	1,0	1,2	1,9
Charge de rupture <sup>2)</sup>	F <sub>m</sub>	[kip]	24	25	34
Limite d'élasticité <sup>3)</sup>	R <sub>e</sub>	[ksi]	59	59	59
Résistance à la rupture <sup>3)</sup>	R <sub>m</sub>	[ksi]	75	75	75
Allongement <sup>3)</sup>	A	[%]	10	10	10
Diamètre de foret recommandé	B	[in]	1,2 - 1,3	1,4 - 1,5	1,6 - 1,7
Longueurs <sup>4)</sup>	L	[in]		24 - 158	

1) Remarque : toutes les valeurs sont susceptibles d'être modifiées. D'autres dimensions, nuances d'acier et plaques de boulons conformes sont disponibles sur demande.

2) Valeur nominale.

3) Selon les informations fournies par le fournisseur du matériau primaire ; module d'élasticité : 210 000 [N/mm<sup>2</sup>] (30 450 [ksi]).

4) Des longueurs hors normes sont disponibles sur demande.

Vous trouverez de plus amples informations sur les boulons frottants dans les brochures techniques locales.

### Procédure d'installation

- Réalisation d'un trou de forage conformément aux spécifications ; la longueur du trou de forage doit dépasser la longueur du boulon frottant d'environ 150 [mm] (6 [in])
- Insertion du boulon frottant et de la plaque de boulon sur l'outil d'entraînement
- Mise en place du boulon frottant dans le trou de forage, soit manuellement, soit mécaniquement.
- Installation dans le trou de forage par percussion du marteau hydraulique au moyen d'un outil d'entraînement sur le haut du boulon frottant jusqu'à ce que la plaque soit fermement pressée contre la surface d'excavation.
- Remarque : les boulons frottants doivent être installés le plus perpendiculairement possible à la surface de l'excavation

### Accessoires d'installation

- Longrines ou treillis
- Outils de vissage pour boulonneuses manuelles et mécanisées



# Boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT®

## Introduction

La principale application du boulon frottant expansible OMEGA-BOLT® est le soutènement temporaire de la roche pour les applications souterraines.

Les forces d'adhérence entre le boulon frottant et le sol sont dues à la liaison de forme (emboîtement mécanique) et

au transfert de frottement entre la paroi du trou de forage et le boulon, qui se dilate sous l'effet de la pression hydraulique.

## Principaux avantages

- Capacité de charge totale immédiate sur toute la longueur du boulon installé
- Installation sans problème dans les trous de forage aquifères
- Faible sensibilité aux vibrations causées par les travaux de dynamitage
- Capacité à maintenir la capacité de charge même en cas de déformations
- Installation sûre et facile
- Aucun matériau de construction supplémentaire n'est nécessaire pour l'installation
- Flexibilité en cas de diamètres de trous de forage variables
- Contrôle qualité à chaque installation
- Différentes pompes haute pression personnalisées disponibles



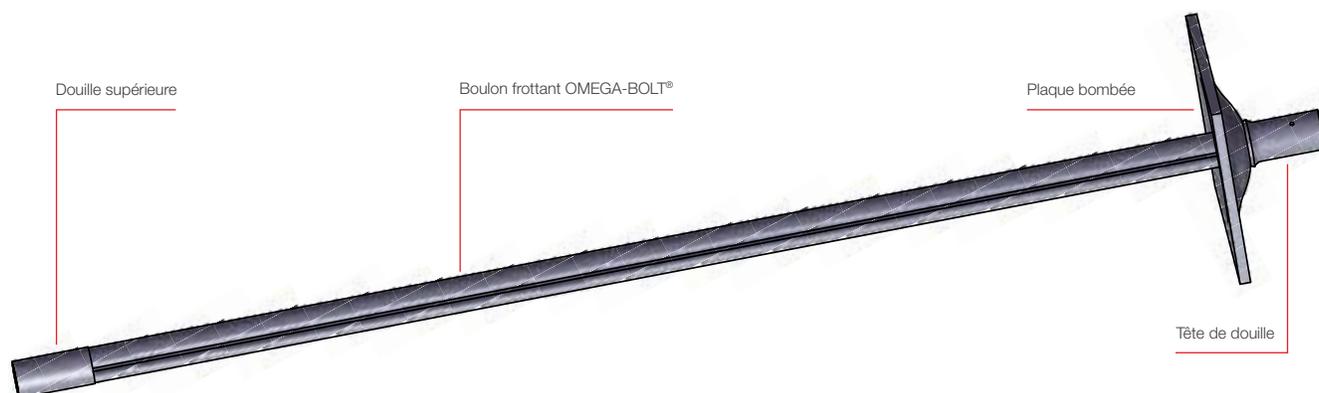
## Description du système

- Installation manuelle ou mécanisée par expansion du profilé en forme d'oméga avec de l'eau à haute pression
- Transfert de charge par frottement et emboîtement mécanique du boulon et du trou de forage
- Adaptation du profilé étendu aux irrégularités de la paroi du trou et aux variations du diamètre du trou
- La version « + » de l'OMEGA-BOLT® offre des propriétés d'allongement améliorées
- Versions galvanisées ou revêtues d'époxy disponibles sur demande



## Composants du système

- Tête de douille
  - Évasé, avec trou de gonflage
- Plaque bombée
  - Différents modèles et dimensions disponibles sur demande
- Profilé OMEGA-BOLT®
  - Douille supérieure



## Spécifications en unités SI

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Unité	EFB-120	EFB-160	EFB-200	EFB-240	EFB-120+	EFB-240+
Charge d'élasticité <sup>2)</sup>	[kN]	100	140	180	220	90	170
Charge de rupture nominale <sup>2)</sup>	[kN]	120	160	200	240	120	230
Allongement ultime caractéristique <sup>2)</sup>	[%]	10	10	10	10	30	30
Allongement ultime nominal <sup>2)</sup>	[%]	6	6	6	6	20	20
Diamètre extérieur du profilé Ω <sup>3)</sup>	[mm]	26	36	36	36	27,5	36
Diamètre extérieur du tube d'origine	[mm]	41	54	54	54	41	54
Épaisseur de la paroi	[mm]	2	2	2,5	3	2	3
Diamètre de la tête de douille	[mm]	30	41	41	41	30 / 36	41 / 48
Diamètre de la douille supérieure	[mm]	28	38	38	38	28	38
Diamètre de trou de forage requis	[mm]	32 - 40	45 - 53	45 - 53	45 - 53	32 - 39	43 / 52
Diamètre optimal du trou de forage	[mm]	36 - 39	48 - 52	48 - 52	48 - 52	35 - 38	45 / 51
Pression de gonflage	[bar]	260	260	300	300	300	300
Longueurs <sup>4)</sup>	[m]	2,0 - 12,0				1,0 - 8,0	

## Spécifications en unités de mesure américaines courantes

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Unité	EFB-120	EFB-160	EFB-200	EFB-240	EFB-120+	EFB-240+
Charge d'élasticité <sup>2)</sup>	[kip]	22	31	40	49	20	38
Charge de rupture nominale <sup>2)</sup>	[kip]	27	36	45	54	27	52
Allongement ultime caractéristique <sup>2)</sup>	[%]	10	10	10	10	30	30
Allongement ultime nominal <sup>2)</sup>	[%]	6	6	6	6	20	20
Diamètre extérieur du profilé Ω <sup>3)</sup>	[in]	1,0	1,4	1,4	1,4	1,1	1,4
Diamètre extérieur du tube d'origine	[in]	1,6	2,1	2,1	2,1	1,6	2,1
Épaisseur de la paroi	[in]	0,08	0,08	0,10	0,12	0,08	0,12
Diamètre de la tête de douille	[in]	1,2	1,6	1,6	1,6	1,2 / 1,4	1,6 / 1,9
Diamètre de la douille supérieure	[in]	1,1	1,5	1,5	1,5	1,1	1,5
Diamètre de trou de forage requis	[in]	1,3 - 1,6	1,8 - 2,1	1,8 - 2,1	1,8 - 2,1	1,3 / 1,5	1,7 / 2,0
Diamètre optimal du trou de forage	[in]	1,4 - 1,5	1,9 - 2,0	1,9 - 2,0	1,9 - 2,0	1,4 / 1,5	1,8 / 2,0
Pression de gonflage	[psij]	3 770	3 770	4 350	4 350	4 350	
Longueurs <sup>4)</sup>	[m]	6,6 - 39,4				3,3 - 26,2	

1) Remarque : les boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT® avec différentes valeurs caractéristiques sont disponibles sur demande.

2) Profilé étendu.

3) Tolérance : +1 [mm] (+ 0,04 [in]).

4) Des longueurs hors normes sont disponibles sur demande.

## Procédure d'installation

1. Forage de trous.



2. Connexion au mandrin d'installation et insertion de l'OMEGA-BOLT® dans le trou de forage.



3. Dilatation de l'OMEGA-BOLT® avec de l'eau à haute pression.



4. Désaccouplement du mandrin après la dilatation complète de l'OMEGA-BOLT®.



## Pompes haute pression OMEGA-BOLT®

### Description du système

L'équipement d'installation de l'OMEGA-BOLT® comporte les composants suivants :

- Pompe haute pression OMEGA-BOLT® (pompe à eau et moteur)
- Flexible haute pression
- Bras de réglage avec tête de réglage et mandrin

Après l'insertion de l'OMEGA-BOLT® dans le trou de forage, le bras de réglage est fixé à la tête du boulon.

En actionnant le levier de soupape sur le bras de réglage, le boulon est dilaté hydrauliquement (déplié) à l'aide d'eau à haute pression, qui est injectée à l'intérieur du tube du boulon plié.

Après avoir atteint la pression de réglage maximale définie, le levier de la soupape est relâché et la tête de réglage est éloignée de la tête du boulon.



### Principaux avantages

- Conception robuste et manipulation facile
- Installation rapide grâce à la performance élevée de la pompe
- L'expansion optimale de l'OMEGA-BOLT® est assurée
- Autres pompes haute pression disponibles sur demande
- Kit d'essai de traction OMEGA-BOLT® disponible sur demande



### Spécifications des pompes électriques (EMEA)

Caractéristiques	Unité	Type 300E	Type VA300
Dimensions (L x l x H)	[mm]	800 x 400 x 455	1 200 x 460 x 530
Poids	[kg]	90	130
Débit max	[L/min]	21	13
Pression de fonctionnement <sup>1)</sup>	[bar]	300	
Pression de fonctionnement max	[bar]	320	310
Alimentation électrique <sup>2)</sup>	[V]	3 ~ 400	
Puissance nominale <sup>2)</sup>	[kW]	11	7,5
Connexion électrique <sup>2)</sup>	[A]	25	14,3
Vitesse de rotation de la pompe	[rpm]	1 400	1 450

1) Raccord de tube requis 3/4", pression de raccordement de l'eau 2 [bar] (29 [psi]).

2) Conformément à la norme IEC 60309 (non approuvé par la CSA ou l'OHSA). D'autres pompes électriques sont disponibles sur demande.

# Ancrages mécaniques

## Introduction

Les ancrages mécaniques sont utilisés dans la construction souterraine depuis plus d'un siècle. Ils ont été testés et examinés de manière approfondie dans le cadre de différents projets.

Toutefois, l'utilisation d'un ancrage mécanique est limitée à des conditions de forage et de sol stables : un ancrage ponctuel n'est pas avantageux par rapport à un système de boulons à liaison continue. Les sols meubles nécessitent l'utilisation de coquilles

d'expansion spéciales, plus grandes et optimisées en ce qui concerne la conception de l'aile (sortie).

En outre, le contrôle de la qualité de la gamme de diamètres des trous de forage est essentiel dans l'application, car les trous de forage surdimensionnés ou sous-dimensionnés influencent également les performances des ancrages mécaniques. Pendant le processus de serrage, le rapport couple-traction pour chaque système d'ancrage

mécanique doit être examiné avant l'application.

Lorsque les conditions du sol et des limites permettent l'utilisation d'ancrages mécaniques, ce système constitue un élément de soutènement du sol peu coûteux et efficace. Récemment, l'utilisation d'ancrages mécaniques assistés par des cartouches de résine a fait l'objet d'une attention particulière.

## Ancrages mécaniques à barre d'armature

### Principaux avantages

- Manipulation simple et temps d'installation optimisé
- Capacité de charge immédiate
- Ancrages fiables et éprouvés sur le terrain
- Installation sans problème dans les trous de forage aquifères
- Rapport optimisé entre la force d'ancrage et le diamètre du trou de forage



### Composants du système

- Acier de barre d'armature rond ou fileté
- Versions forgées ou filetées (TBE)
- Coquille d'expansion en acier
  - Différentes versions disponibles sur demande
  - Optimisés par rapport au diamètre de forage donné
- Tige d'ancrage (armature) : version barre pleine DSI ou barre d'armature
- Plaque
  - Ancrage mécanique à barre pleine DSI : plaque plate avec orifice traversant conique
  - Ancrage mécanique à barre d'armature : plaque bombée avec trou rond ou allongé
- Écrou
  - Écrou hexagonal convexe d'un seul côté, écrou autobloquant ou écrou bombé
  - Rondelles sphériques et outils de vissage disponibles sur demande
- D'autres dimensions, qualités d'acier et versions galvanisées sont disponibles sur demande
- Vous trouverez de plus amples informations sur les ancrages mécaniques dans les brochures techniques locales sur les produits

## Spécifications des ancrages mécaniques à barre d'armature

- Unités SI
  - Acier d'armature lisse ou nervuré
  - Nuance d'acier B 500 B conformément à la norme DIN 488-1 ou OENORM B 4700 ; d'autres nuances d'acier sont disponibles sur demande
- Dimensions standard de la barre : 16 [mm] et 20 [mm]
- Différents types et diamètres de coquilles d'expansion sont disponibles sur demande
- Versions à tête forgée disponibles
- Unités de mesure américaines courantes
  - Tailles standard 5/8", 3/4" et 7/8"
  - Conformément aux spécifications ASTM F432 ou CSA M430

## Procédure d'installation

- Forage d'un trou conformément aux spécifications, d'une longueur supérieure d'environ 150 [mm] (6 [in]) à celle de l'ancrage mécanique lorsqu'il est installé
- Insertion de l'ancrage mécanique prêt à l'emploi dans le trou de forage : la coquille d'expansion doit s'adapter parfaitement au trou de forage
- Précontrainte à l'aide d'une visseuse à chocs ou d'un outil de vissage adéquat
- Scellement ultérieur en option à l'aide d'un tuyau d'injection monté en usine



## Ancrage mécanique à barre pleine DSI

### Description du système

- La barre pleine DSI à filetage continu permet des ajustements de longueur flexibles et une extension postérieure sur site
- Des manchons d'expansion sont disponibles pour différents diamètres de trous de forage
- Agrément allemand pour les applications souterraines

### Exemple de conception d'un ancrage mécanique à barre pleine DSI



## Spécifications (EMEA)

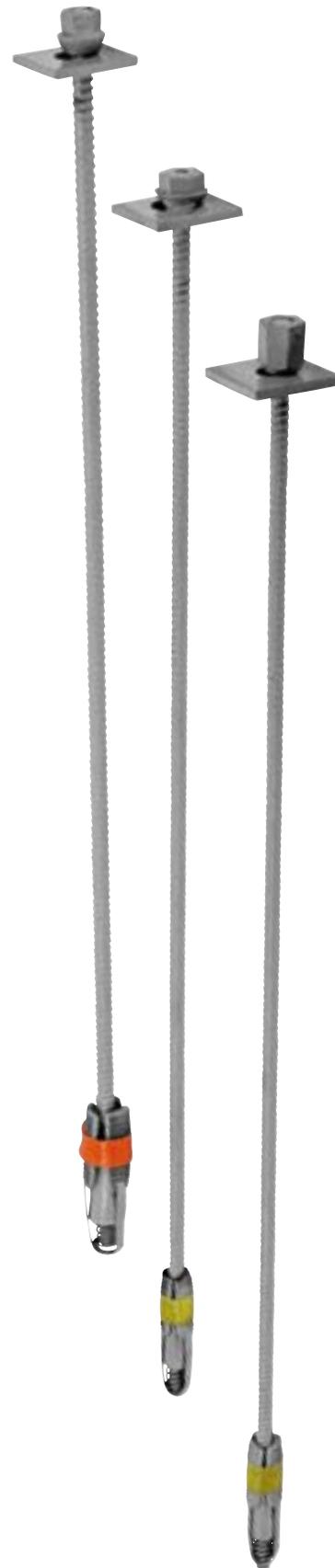
Caractéristiques <sup>1)</sup>	Unité	KS-145	KS-190
Diamètre nominal	[mm]	16,2	18
Poids nominal	[kg/m]	1,62	2,00
Surface nominale de la section transversale	[mm <sup>2</sup> ]	207	254
Limite d'élasticité <sup>1)</sup>	[N/mm <sup>2</sup> ]	450	670
Résistance à la traction <sup>1)</sup>	[N/mm <sup>2</sup> ]	700	800
Charge de rupture <sup>2)</sup>	[kN]	145	190
Allongement ultime A <sub>5</sub> <sup>1)</sup>	[%]	15	15
Version à écrou <sup>3)</sup>	[-]	S, H	K
Diamètre de trou de forage <sup>4)</sup>	[mm]	34 - 36	44 - 47

1) Armature en acier (tige d'ancrage).

2) Système d'ancrage : barre d'ancrage, plaque et écrou.

3) H = écrou hexagonal, siège convexe d'un côté ; s = écrou de blocage ; k = écrou bombé.

4) Coquille d'expansion en version standard.



# Absorption d'énergie

## Introduction

Les conditions de sol difficiles conduisent à l'utilisation de systèmes de boulons qui présentent une capacité d'absorption d'énergie accrue. Par rapport aux systèmes de boulons par défaut, ils peuvent supporter des déformations beaucoup plus importantes sans se rompre. Selon les experts, il existe trois types de demandes différentes :

### Déformations importantes sur une longue période : gonflement du sol

Une augmentation significative du volume du sol au fil du temps, provoquée par l'eau, se produit généralement dans les environnements argileux et est due à l'apport d'eau (humidité). Par conséquent, le rinçage à l'eau n'est pas la méthode préférée pour le forage des trous. L'application de boulons frottants ou de résine de boulonnage est également limitée. Les boulons à absorption d'énergie pour ce type de sol nécessitent un fort allongement plastique de l'armature et/ou une tête de boulon élastique.

### Déformations importantes dans un court laps de temps : convergence de la roche

En cas de convergence de la roche, des déformations importantes se produisent peu de temps après l'excavation. Il faut donc des systèmes de boulons capables de supporter de grands déplacements sans défaillance au cours des premières heures ou des premiers jours suivant l'installation. Les zones surchargées nécessitent souvent l'installation de systèmes de boulons plus longs (couplés). Des têtes de boulons élastiques avec des indicateurs de charge sont couramment utilisées pour garantir un environnement de travail souterrain sûr.

### Impacts dynamiques : événements microsismiques (éclatement de la roche)

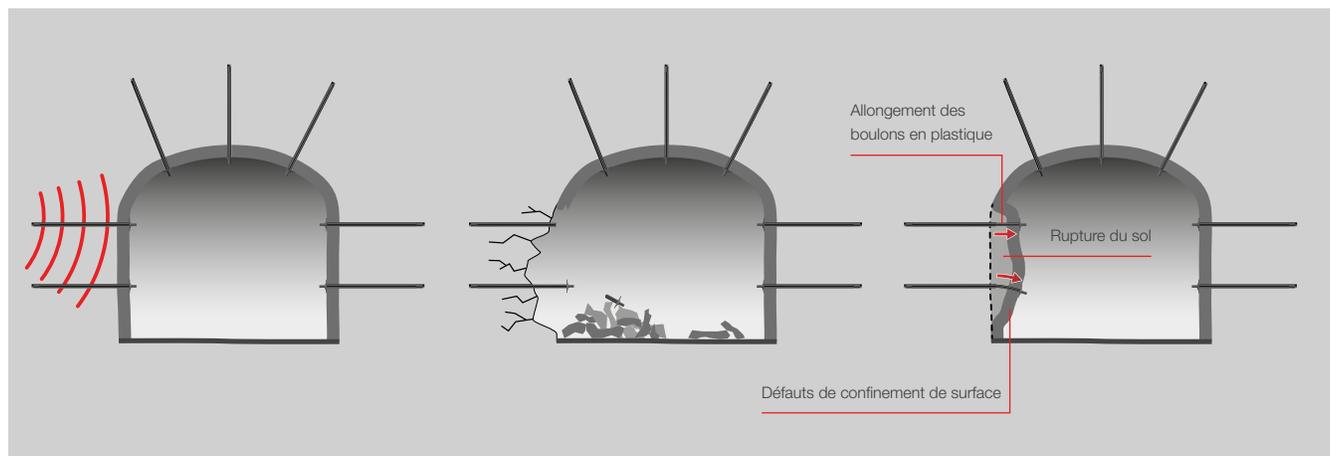
Une libération soudaine d'énergie se produit dans les roches fortement sollicitées, ce qui entraîne des microséismes appelés éclatements de roches. Le mécanisme d'absorption d'énergie des boulons pour les impacts

dynamiques est généralement basé sur des armatures de boulons avec une section lisse ou non liée, qui permet un degré élevé d'absorption d'énergie dans une zone définie. Cela nécessite l'utilisation d'une nuance d'acier présentant un allongement plastique élevé. D'autre part, les boulons frottants modifiés qui peuvent supporter de grands déplacements dans un mode de défaillance contrôlé en termes de glissement constituent un autre système de boulons populaire pour les conditions d'éclatement de la roche.

Outre l'installation de boulons à absorption d'énergie, d'autres mesures de soutènement spéciales telles qu'un support de surface absorbant l'énergie (plaques absorbant l'énergie, treillis, etc.) ou des systèmes de soutènement passif spéciaux tels que les éléments LSC™ sont nécessaires.

Source : ITAtch Activity Group Support (2018, travail en cours)

## Impacts dynamiques



- Un événement microsismique soudain (éclatement de la roche) se produit dans un tunnel sécurisé par des boulons, du béton projeté et des treillis métalliques
- Les systèmes de boulons par défaut, dont la capacité d'absorption d'énergie est limitée, cèdent sous l'impact de la charge dynamique, ce qui entraîne une rupture simultanée du sol
- Les boulons à absorption d'énergie conçus pour les impacts dynamiques s'étirent et absorbent l'énergie sans défaillance

# Barres pleines – Dynamic Posimix

## Principaux avantages

- Utilisation du système éprouvé de barre pleine DSI
- Installation de boulons scellés à la résine dans des trous de forage de plus grand diamètre
- Installation centralisée et résultats de mélange améliorés grâce à un système d'hélice spécial
- Performances prouvées par des tests approfondis sur des boulons d'une longueur de 2,4 [m] (8 [ft]) : Western Australian School of Mines (WSAM, AU) et Central Mining Institute Katowice (CMI, PL)

## Description du système

- Barre d'armature haute résistance entièrement filetée avec coupe en V en option
- Section centrale du boulon non liée (longueur variable)
- Hélice de mélange pour cartouches de résine
- Écrou à cisaillement bombé
- Entièrement scellé avec les cartouches de résine FASLOC®
- Boulons Dynamic Posimix avec capacité de charge accrue disponibles sur demande

## Composants du système



## Spécifications (EMEA)

Caractéristiques	Unité	T20
Diamètre nominal	[mm]	20
Poids nominal	[kg/m]	2,5
Surface nominale de la section transversale	[mm <sup>2</sup> ]	300
Allongement A <sub>5</sub>	[%]	15
Limite d'élasticité	[N/mm <sup>2</sup> ]	650
Résistance à la traction	[N/mm <sup>2</sup> ]	755
Charge d'élasticité	[kN]	195
Charge de rupture	[kN]	227

Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits.

## Résultats du test de chute dynamique

### WSAM

Longueur non liée	Énergie de frappe	Nombre de chutes sans défaillance	Rapidité	Configuration du test
[m]	[kJ]	[1]	[m/s]	[-]
1,4	19	3	4,81	Charge sur plaque (tube continu)
	25	2	5,52	Charge sur plaque (tube continu)
	30	0	5,52	Charge sur la section médiane (tube fendu)
	30	1	5,11	Charge sur plaque (tube continu)
	30	1	5,11	Charge sur la section médiane (tube fendu)

### CMI

Longueur non liée	Énergie de frappe	Déformation à la discontinuité	Catégorie d'exigence de l'application	Résultat du test
[m]	[kJ]	[mm]	[m/s]	[-]
0,0	7	35	Faible	Rupture
1,0	26	115	Moyenne	Rupture
	21	96	Moyenne	Stable
	27	77	Moyenne	Rupture
1,4	42	171	Élevée	Stable
	29	113	Élevée	Stable
	33	128	Élevée	Stable

# Barre pleine - Boulon à palettes

## Introduction

Le boulon à palettes est conçu pour le soutènement du sol lorsqu'une barre d'armature standard est trop rigide. En raison de ses capacités accrues d'absorption d'énergie pour les mines à activité sismique, ce système de boulons a fait ses preuves en matière de soutènement.

L'utilisation d'acier faiblement allié à haute résistance (HSLA) permet d'augmenter la capacité des boulons et les propriétés d'allongement maximal permettent d'absorber une grande partie de l'énergie. Une ou deux sections lisses de barres d'armature rondes entre les zones d'ancrage des palettes

assurent un allongement contrôlé et une interaction avec le sol. Par défaut, l'ancrage d'extrémité a 3-4 déformations et l'ancrage près de l'orifice a 6 déformations.

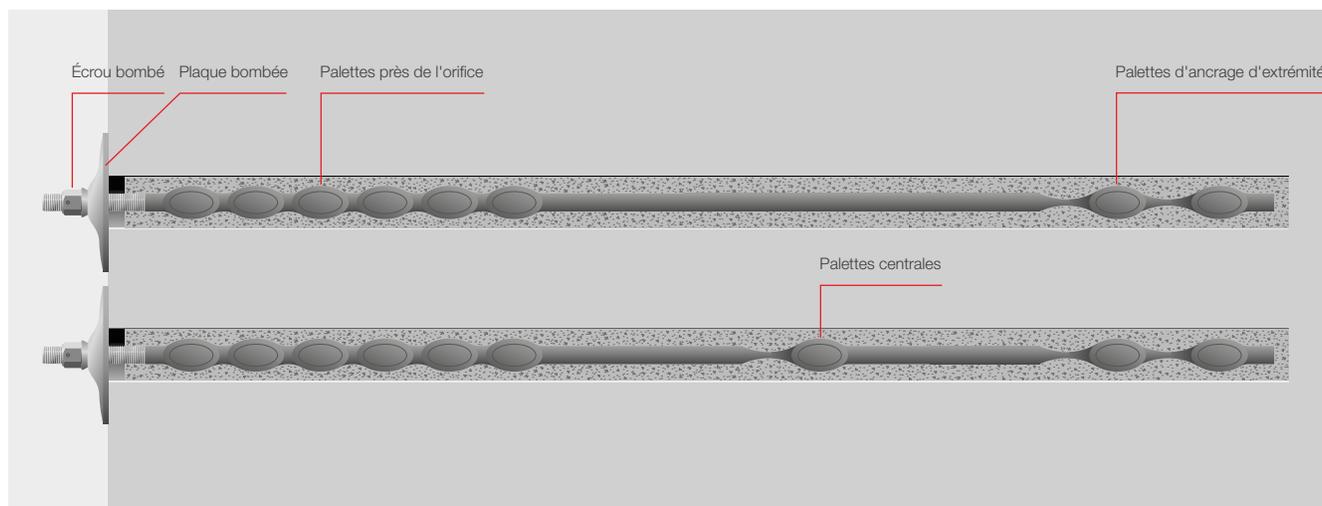
## Principaux avantages

- Système éprouvé dans les mines souterraines
- Les palettes situées dans la zone de la tête du boulon fileté empêchent les ruptures de boulon dans cette section.
- Amélioration du mélange de la cartouche de résine grâce aux palettes situées à l'extrémité supérieure du trou
- Installation mécanisée standardisée à l'aide de foreuses de boulonnage
- Les performances ont été prouvées par des tests approfondis : CANMET (CA) sur la version canadienne du produit

## Description du système

- Barre d'armature lisse à haute résistance avec coupe en V en option
- Palettes personnalisées sur la longueur du boulon
- Section centrale de barre lisse non liée (longueur variable)
- Boulon avec palettes centrales supplémentaires disponible sur demande
- Écrou à cisaillement bombé
- Entièrement scellé avec des cartouches de résine FASLOC® ou un coulis de ciment

## Composants du système



## Spécifications (EMEA)

Caractéristiques	Unité	V20
Diamètre nominal	[mm]	20
Poids nominal	[kg/m]	2,5
Surface nominale de la section transversale	[mm <sup>2</sup> ]	314
Allongement A <sub>5</sub> <sup>1)</sup>	[%]	17 (24)
Charge d'élasticité de l'armature <sup>1)</sup>	[kN]	151 (165)
Charge de rupture de l'armature <sup>1)</sup>	[kN]	201 (237)
Charge d'élasticité de la tête de boulon <sup>1)</sup>	[kN]	133 (160)
Charge de rupture de la tête de boulon <sup>1)</sup>	[kN]	185 (213)

1) Valeurs nominales caractéristiques indiquées entre parenthèses. Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits.

## Résultats du test de chute dynamique

### CANMET

Section	Énergie de frappe
[-]	[kJ]
Tube fendu	> 33
Tête de boulon fileté	> 26

## Barre creuse dynamique

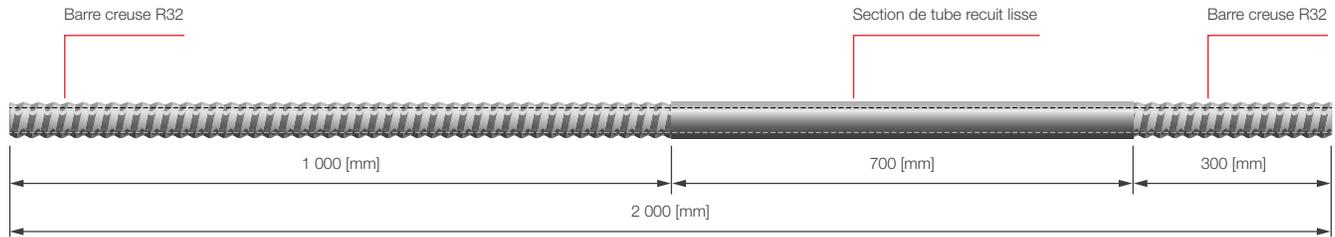
### Principaux avantages

- Solution éprouvée basée sur le système de barre creuse DSI
- Installation par autoforage et dans des trous de forage prépercés

### Description du système

- Profilés d'extrémité en barres creuses R32 standard
- Tube recuit ductile sans soudure lisse
- Extension optionnelle avec les raccords standard R32
- Liaison à l'aide d'un coulis de ciment ou de systèmes d'injection DSI

### Composants du système



### Spécifications

Caractéristiques	Unité	R32-V20
Diamètre nominal	[mm] / [in]	R32 / 1,25
Poids nominal	[kg/m] / [lb/ft]	3,0 / 2,0
Surface nominale de la section transversale	[mm <sup>2</sup> ] / [in <sup>2</sup> ]	380 / 0,59
Allongement de la barre creuse A <sub>5</sub>	[%]	10
Allongement de la section recuite A <sub>5</sub>	[%]	20
Charge d'élasticité de la barre creuse	[kN] / [kip]	250 / 56,2
Charge de rupture de la barre creuse	[kN] / [kip]	320 / 71,9
Charge d'élasticité de la section recuite	[kN] / [kip]	220 / 49,5
Charge de rupture de la section recuite	[kN] / [kip]	270 / 60,7



## Type frottant – POWER SET

### Introduction

Le boulon frottant autoforant (S-D) POWER SET est un élément de contrôle des terrains autoforant utilisé pour les applications souterraines. En outre, le système de boulons POWER SET est utilisé pour la protection contre les chutes de pierres et les éboulements.

Ce système breveté de boulons POWER SET en une étape garantit une installation sûre et facile ainsi qu'une capacité de charge immédiate après l'installation. Le POWER SET se caractérise également par sa flexibilité face à des conditions de terrain changeantes.

L'installation optionnelle d'un élément d'expansion permet un ancrage mécanique supplémentaire jusqu'à la charge de rupture du tube de boulon frottant. Un magasin de boulons spécialement conçu pour six boulons par séquence d'installation permet une installation sûre et de pointe des boulons.



### Principaux avantages

- Forage et installation simultanés
- Installation à l'aide d'une machine de forage standard
- Capacité de charge immédiate après installation
- Transfert direct de la charge sur toute la longueur du boulon
- Capacité à maintenir la capacité de charge même en cas de déformations importantes
- Résistance élevée au cisaillement
- Procédure d'installation sûre, facile et rapide
- Application sans problème dans des conditions de forage instables
- Aucun matériau de construction supplémentaire, tel que du coulis, des produits chimiques ou de l'eau, n'est nécessaire
- Avantages pour le personnel en termes d'ergonomie et de sécurité

### Description du système

- Boulon frottant autoforant amélioré
- Transfert de charge par frottement entre le boulon et le trou de forage
- Application pour le boulonnage dans des zones éloignées ou en cas de sol instable
- Installation à l'aide d'un équipement standard de forage de roches roto-percutant : transfert contrôlé de l'énergie de frappe sur le boulon frottant
- Installation optionnelle d'un élément d'expansion : augmentation de la capacité de charge jusqu'à la charge de rupture du tube de boulon frottant
- Protection sacrificielle contre la corrosion pour une durée de vie prolongée grâce à l'augmentation de l'épaisseur de la paroi du boulon frottant
- Insensible aux travaux de dynamitage à proximité



## Composants du système

- Foret POWER SET
  - Foret à usage unique disponible en différentes conceptions et dimensions, en fonction des conditions du terrain
- Tige de forage POWER SET
  - Acier de forage haute performance pour une durée de vie optimale
- Adaptateur POWER SET
  - Transfert contrôlé de l'énergie de frappe sur le boulon frottant
- Plaque bombée
  - Différentes modèles et dimensions disponibles sur demande
- Boulon frottant POWER SET
  - Tube fendu avec tête de boulon et extrémité conique



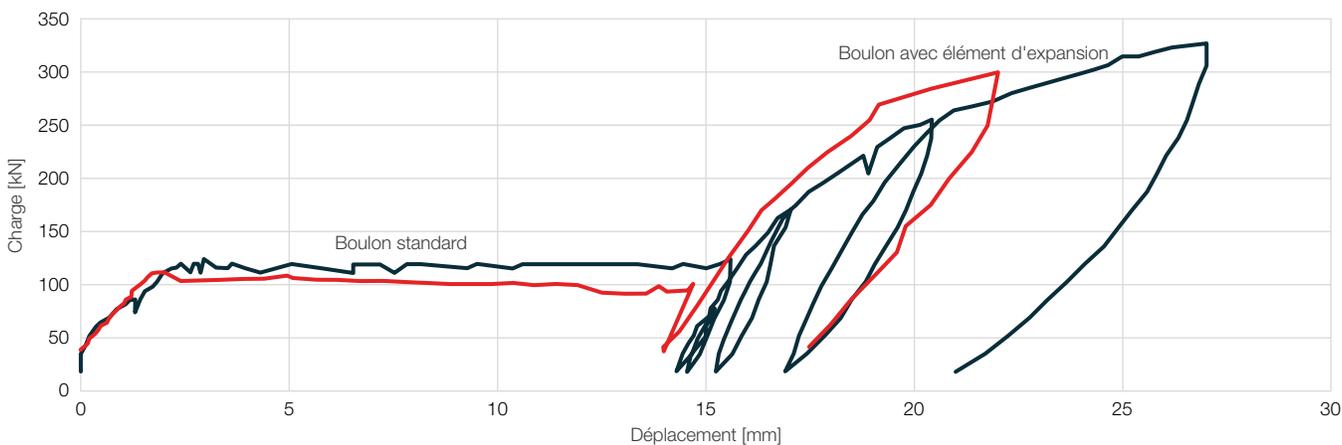
## Spécifications

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Unité	Type 1	Type 2
Diamètre extérieur	[mm]	50	50
	[in]	2,0	2,0
Épaisseur de la paroi	[mm]	3,75	5,0
	[in]	0,15	0,20
Surface nominale de la section transversale <sup>2)</sup>	[mm <sup>2</sup> ]	470	600
	[in <sup>2</sup> ]	0,73	0,93
Charge de rupture <sup>3)</sup>	[kN]	330	300
	[kip]	74	67
Résistance à la rupture	[N/mm <sup>2</sup> ]	700	500
	[ksi]	102	73
Valeur-guide la force de cisaillement <sup>4)</sup>	[kN]	370 - 470	360 - 420
	[kip]	83 - 106	81 - 94
Longueurs <sup>5)</sup>	[m]	1,0 - 4,0	
	[ft]	3,3 - 13,1	

1) Remarque : toutes les valeurs sont susceptibles d'être modifiées. 2) Chiffre arrondi. 3) Calculée à partir de la valeur de charge caractéristique et de la section nominale. Chiffre arrondi.

4) Valeur in situ pour les boulons installés. 5) Des longueurs personnalisées sont disponibles sur demande.

## Résultats des essais de traction in situ



— Edgar — Esmeralda

Dolsak et al. (2006)

## Type frottant – OMEGA-BOLT® dynamique

### Introduction

Le boulon dynamique OMEGA-BOLT® est une version améliorée du système éprouvé de boulon frottant expansible OMEGA-BOLT®. Il comporte un élément supplémentaire en acier, placé à l'intérieur du profilé en forme d'oméga et soudé

aux douilles supérieure et inférieure, qui augmente la capacité de charge statique et permet d'absorber davantage d'énergie en cas d'événements sismiques.

Inspiré de l'OMEGA-BOLT® EFB-160, l'OMEGA-BOLT® dynamique breveté est capable d'absorber 35 [kJ] d'énergie de frappe, tout en conservant une capacité de charge résiduelle de l'ordre de 70 [kN] (15,7 [kip]).

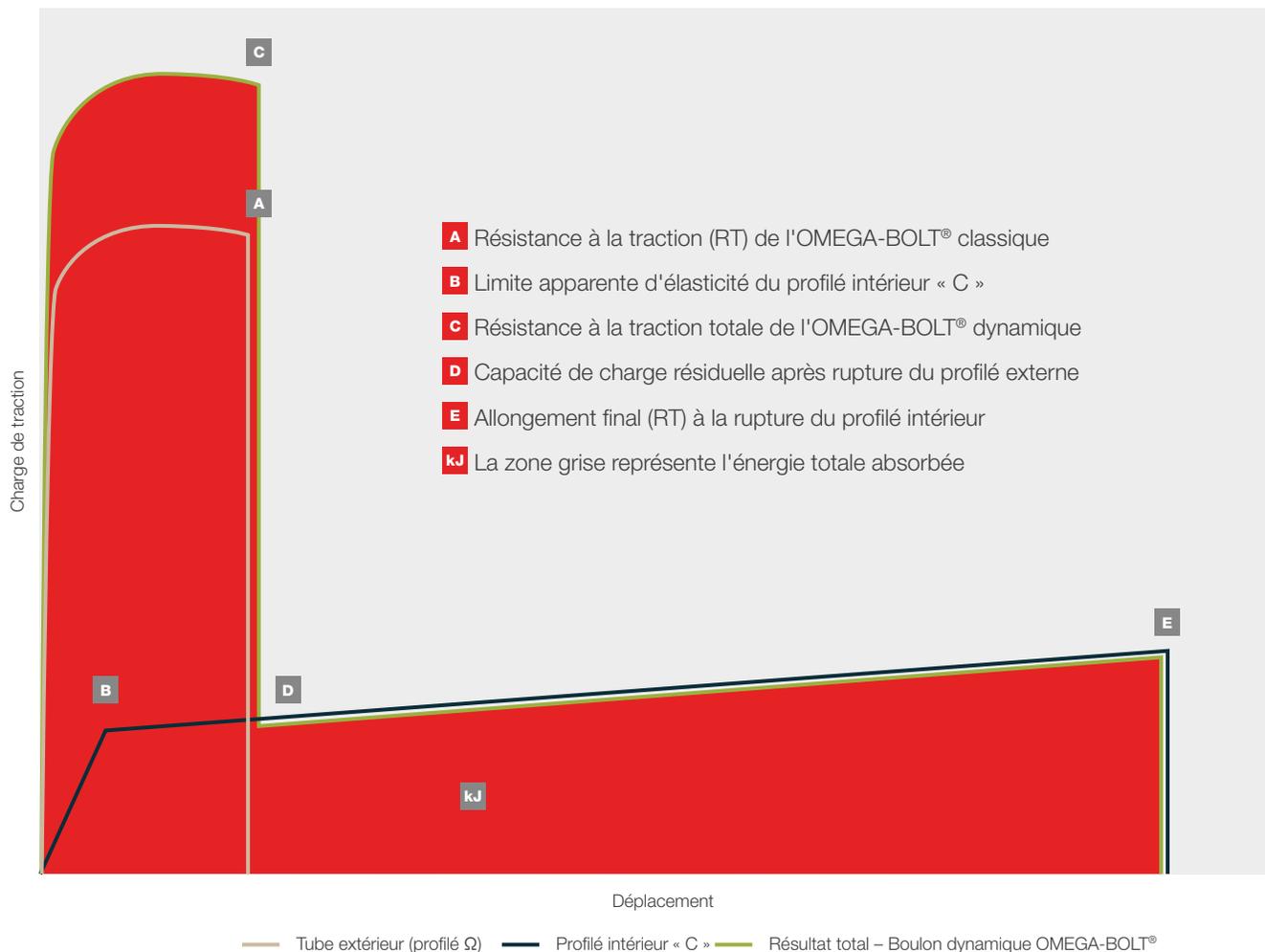


Diagramme conceptuel, basé sur un calcul analytique, Conex 2013

### Composants du système



## Spécifications

Caractéristiques	Unité	Type 35
Diamètre extérieur du profilé $\Omega$	[mm] / [in]	36 / 1,42
Poids nominal	[kg/m] / [lb/ft]	3,75 / 2,52
Surface nominale de la section transversale <sup>1)</sup>	[mm <sup>2</sup> ] / [in <sup>2</sup> ]	480 / 0,74
Allongement $A_5$ <sup>2)</sup>	[%]	10 (15)
Charge de rupture <sup>1)</sup>	[kN] / [kip]	240 / 54
Charge de cisaillement <sup>3)</sup>	[kN] / [kip]	> 200 / > 45
Absorption d'énergie <sup>4)</sup>	[kJ]	35
Déplacement de la plaque <sup>4)</sup>	[mm] / [in]	350 / 13,8
Diamètre de trou de forage requis	[mm] / [in]	45 - 48 / 1,8 - 1,9

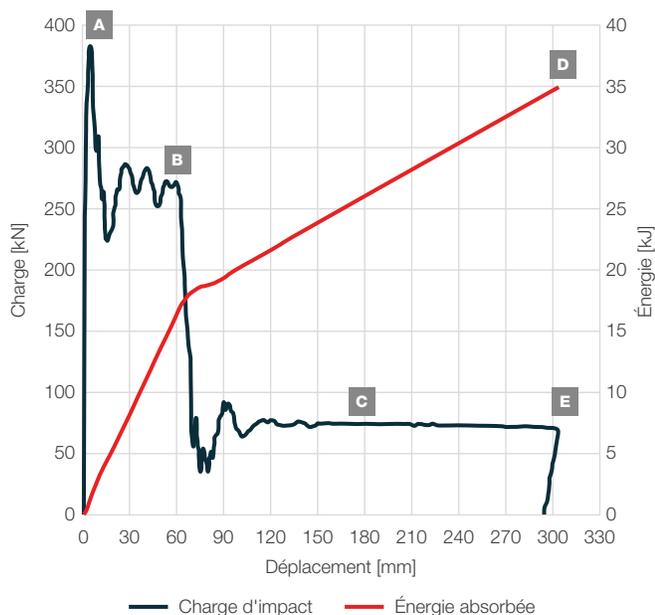
1) Profilé  $\Omega$  et élément intérieur en acier.

2) Valeurs nominales caractéristiques indiquées entre parenthèses.

3) Test en laboratoire SINTEF (NO), 2014.

4) Tests en laboratoire de CANMET (CA), configuration à tube fendu [une chute, longueur de boulon de 2,4 [m] (8 [ft])].

## Résultats du test de chute dynamique de CANMET



### Chute 1 de la pièce d'essai MNS-7

Masse = 2 006 [kg] ; hauteur = 1,5 [m]

Énergie = 29,5 [kJ] ; vitesse = 5,42 [m/s]

Énergie de pointe : 35,0 [kJ]

**A** Profilé externe absorbant l'énergie de frappe initiale

**B** Rupture du profilé externe

**C** Le profilé interne absorbe davantage d'énergie (pour une charge plus faible et une déformation plus importante)

**D** Absorption de l'énergie de pointe

**E** Rupture ultime

Chute n°	Énergie d'entrée	Déplacement maximal	Déplacement de la plaque	Allongement de l'acier	charge maximale d'impact	Énergie absorbée
[-]	[kJ]	[mm]	[mm]	[% de déformation]	[kN]	[kJ]
MNS-5						
1	29,52	5	388	16,1	369,48	37,09
2	19,68	Échoué	17	0,7	166,15	0,84
MNS-6						
1	29,52	0	351	14,5	368,9	34,67
MNS-7						
1	29,52	0	294	12,2	216,18	34,89
2	19,68	-	1	4,16	53,69	N/A

# **Type combiné**

## **Boulons combinés à barre d'armature**

### **Introduction**

Un boulon combiné à barre d'armature pleine offre les avantages combinés d'un point d'ancrage mécanique immédiat et d'un boulon entièrement injecté. Une procédure d'installation en deux étapes permet une installation rapide et un ancrage immédiat. Le scellement séparé

et indépendant fournit une flexibilité en termes de cycles de fonctionnement.

En raison de la procédure de scellement contrôlée et des différents revêtements de barres disponibles, le boulon combiné à barre d'armature pleine est un système de contrôle des terrains fiable pour les

applications souterraines. La capacité opérationnelle du boulon combiné à barre d'armature pleines a été prouvée dans divers projets souterrains. Le système est devenu une référence dans les procédures actuelles de contrôle des terrains à la pointe de la technologie.

### **Principaux avantages**

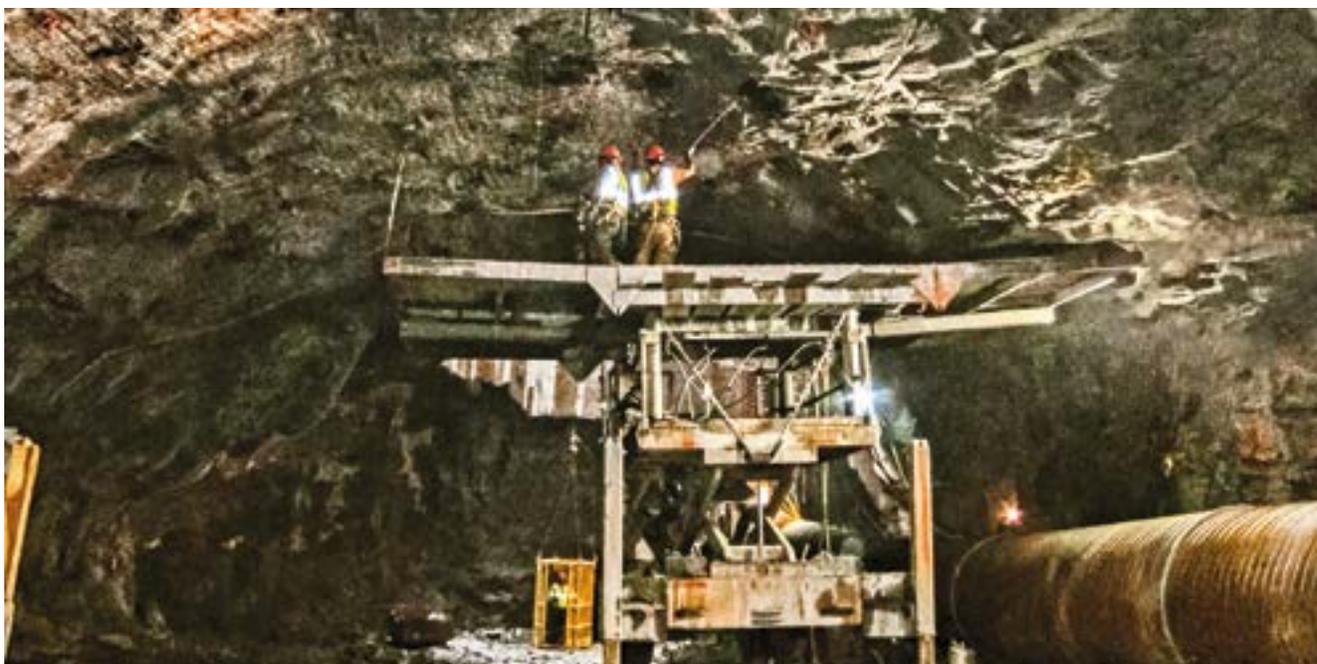
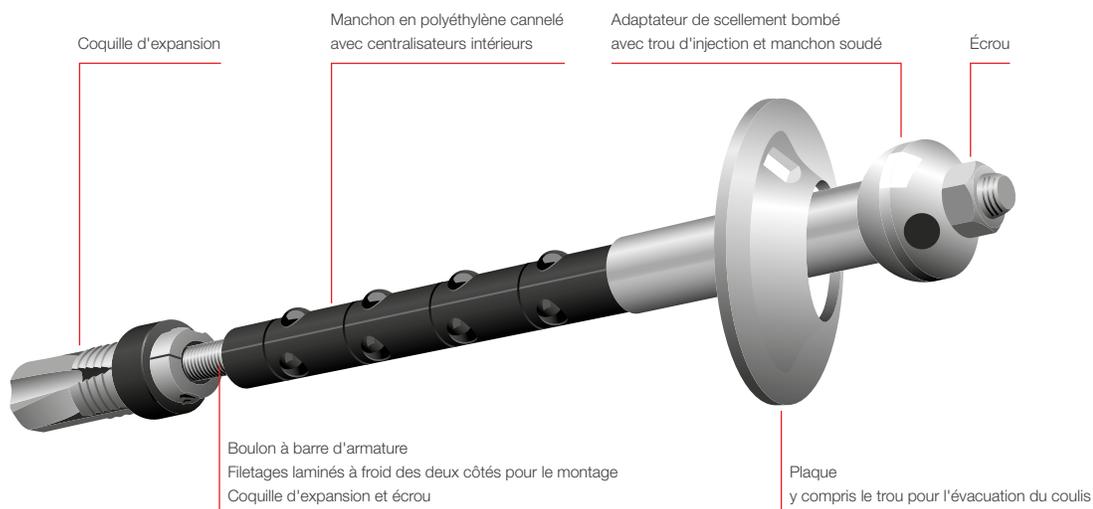
- Système de soutènement de roche efficace, éprouvé dans la pratique et fiable
- Combinaison d'un point d'ancrage mécanique immédiat et d'un boulon entièrement injecté
- Capacité de charge immédiate de l'ancrage mécanique après l'installation
- Installation rapide et scellement ultérieur flexible derrière le front de taille
- Double protection contre la corrosion grâce à un manchon en polyéthylène et à un coulis
- Ajustement facile du niveau de protection contre la corrosion en fonction des exigences du client
- Procédure d'installation semi-mécanisée ou manuelle

### **Description du système**

- Boulon combiné
- Ancrage ponctuel mécanique immédiat par activation d'une coquille d'expansion
- Pouvant être précontraint
- L'ensemble après scellement est doté d'une double protection contre la corrosion
- Application temporaire ou permanente
- Convient pour une installation manuelle et mécanisée



## Composants du système



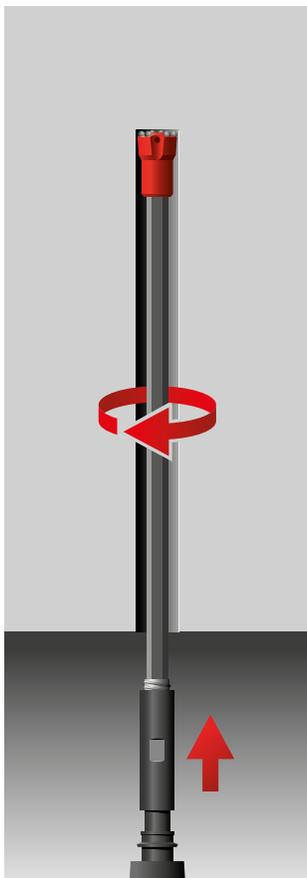
## Spécifications (EMEA)

Valeur caractéristique/type		Unité	CT-M20	CT-M22	CT-M33
Diamètre de la barre d'armature		[mm]	20	21,7	32
		[in]	0,8	0,9	1,3
Désignation du filetage		[mm]	M20	M22	M33
Ancrage mécanique	Charge d'élasticité <sup>1)</sup>	[kN]	123	168	302
		[kip]	28	38	68
	Charge de rupture <sup>2)</sup>	[kN]	147	211	342
		[kip]	33	47	77
Boulon combiné scellé	Charge d'élasticité <sup>1)</sup>	[kN]	157	226	383
		[kip]	35	51	86
	Charge de rupture <sup>2)</sup>	[kN]	188	282	440
		[kip]	42	63	99
Gamme de diamètres de trou de forage		[mm]	45 - 52	45 - 48	63 - 67
		[in]	1,8 - 2,0	1,8 - 1,9	2,5 - 2,6

1) Valeur calculée avec un facteur de sécurité de 1,15 par rapport à la limite d'élasticité (section transversale du filetage).

2) Valeur calculée avec un facteur de sécurité de 1,05 par rapport à la résistance à la rupture (section transversale de la barre d'armature).

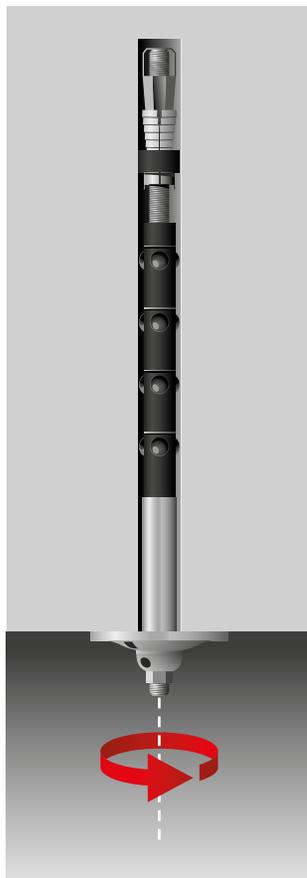
## Procédure d'installation



### Forage de trous

- Forage d'un trou :  
44 - 51 [mm] (1,7 - 2,0 [in])  
de diamètre
- Longueur du trou de forage  
recommandée : environ  
50 - 100 [mm] (2 - 4 [in]) de  
plus que la longueur  
du boulon

Remarque : diamètres  
de trous de forage plus  
importants (différents) pour le  
CT26WR à haute résistance,  
câble combiné et PRV  
combiné requis.



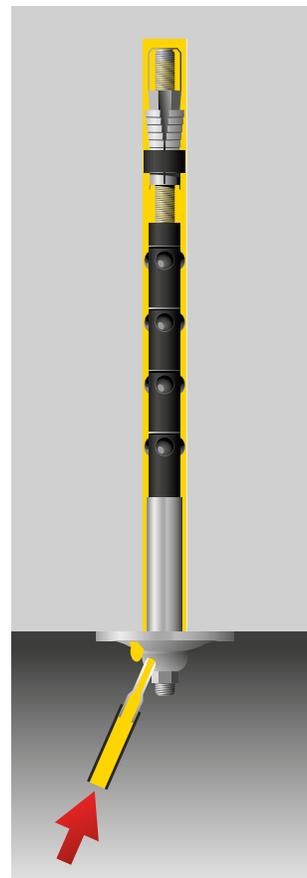
### Installation des boulons

- Insertion du boulon  
assemblé dans le trou  
prépercé
- Pression ferme sur la  
plaque de boulon contre la  
surface d'excavation
- L'activation de l'ancrage  
à expansion par la  
précontrainte de l'écrou  
d'ancrage permet un  
ancrage mécanique  
ponctuel immédiat
- Couple typique d'une  
installation manuelle :  
200 - 300 [Nm]  
(150 - 220 [lbf-ft])
- Couple typique d'une  
installation mécanisée :  
500 [Nm] (370 [lbf-ft])
- En général, la coquille  
d'expansion est soumise  
à une contrainte maximale  
de 55 [kN] (12,5 [kip])
- Dans des conditions de  
roche dure et à l'aide d'un  
boulonneur mécanisé,  
la coquille d'expansion  
peut être soumise à une  
contrainte allant jusqu'à  
100 [kN] (22,5 [kip])



### Scellement de boulon séparé

- Préparation de coulis de ciment ou de résine d'injection  
en vrac selon les spécifications données. Pour le coulis de  
ciment, le rapport E/C par défaut est de l'ordre de 0,35
- Raccordement d'un adaptateur d'injection à l'embout de  
scellement
- Écoulement primaire du coulis à l'intérieur du manchon vers  
la pointe du boulon (coquille d'expansion). Recouvrement  
complet de la barre d'armature par le coulis
- Écoulement secondaire du coulis à l'extérieur du manchon  
jusqu'à ce que le produit d'injection s'écoule au niveau  
du trou pour l'évacuation du coulis au niveau de la plaque  
hémisphérique du boulon.
- Fin du scellement une fois le retour de coulis visible



## Caractéristiques techniques

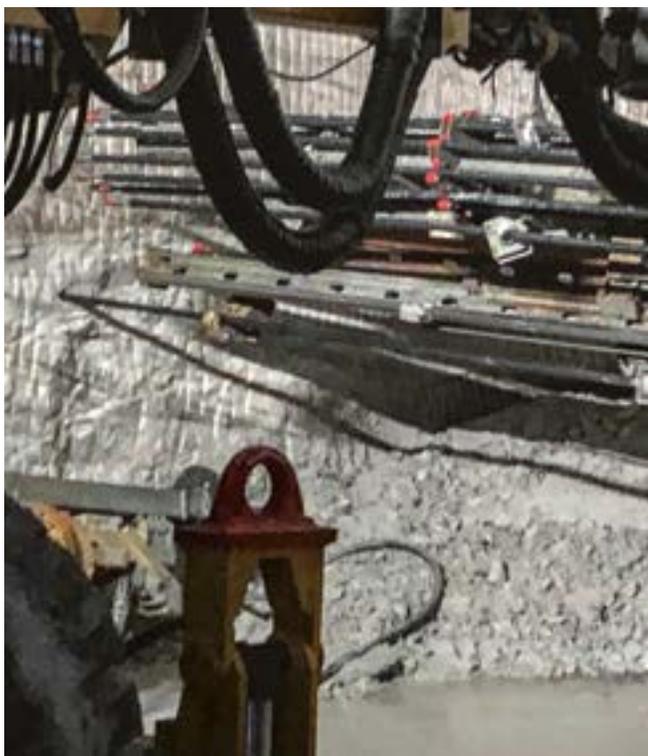
- Soutènement actif par précontrainte de l'ancrage à coquille d'expansion
- Tolérance d'une certaine déformation élastique de la barre d'armature induite par les déplacements du sol
- Le scellement flexible derrière le front de taille permet une adaptation optimale du boulon combiné à barre d'armature pleine aux conditions de terrain et d'exploitation données
- Le manchon en polyéthylène assure un alignement optimal et une répartition parfaite du coulis sur le boulon

## Choix unique du niveau de protection contre la corrosion

- Protection des composants des boulons selon des niveaux donnés d'environnements corrosifs
- Les boulons sont disponibles en noir, galvanisés à chaud ou avec un revêtement spécial duplex (combinaison des procédés de galvanisation à chaud, de phosphatation au zinc et de revêtement en poudre). Des versions spéciales en acier inoxydable sont disponibles sur demande
- Les essais de corrosion accélérée indiquent des durées de vies de 50 ans (type noir) à 150 ans (revêtement duplex) pour les composants porteurs de la barre d'armature entièrement scellée

## Accessoires

- Indicateurs de charge
- Équipement d'essai de traction



## Spécifications (AU)

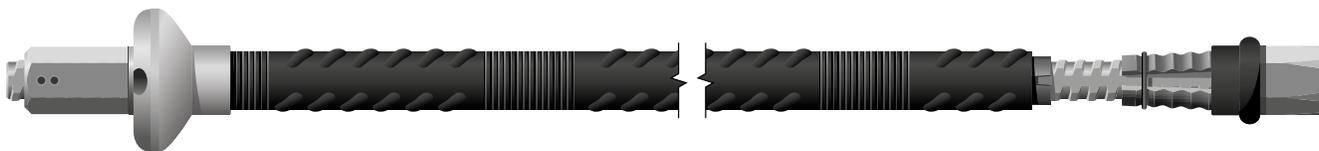
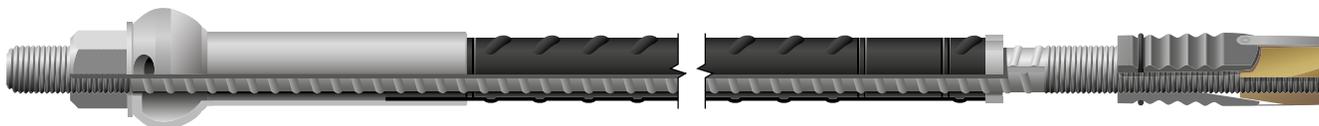
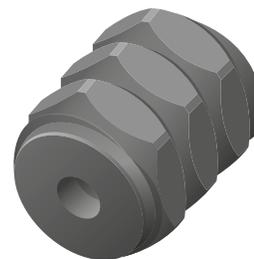
Valeur caractéristique/type	Unité	CT400	CT26WR
Diamètre du noyau de la barre d'armature	[mm]	21,7	–
Diamètre principal de la barre d'armature	[mm]	23,2	30,5
Section transversale de la barre d'armature	[mm <sup>2</sup> ]	370	552
Poids de l'unité	[kg/m]	2,9	4,76
Désignation du filetage	[mm]	M24x3	WR26
Charge d'élasticité	[kN]	220	524
Charge de rupture <sup>1)</sup>	[kN]	310	579
Charge de cisaillement <sup>1)</sup>	[kN]	205	382
Allongement A <sub>gt</sub>	[%]	13	8
Gamme de diamètres de trou de forage	[mm]	43 - 45	51 - 53

1) Calculée.

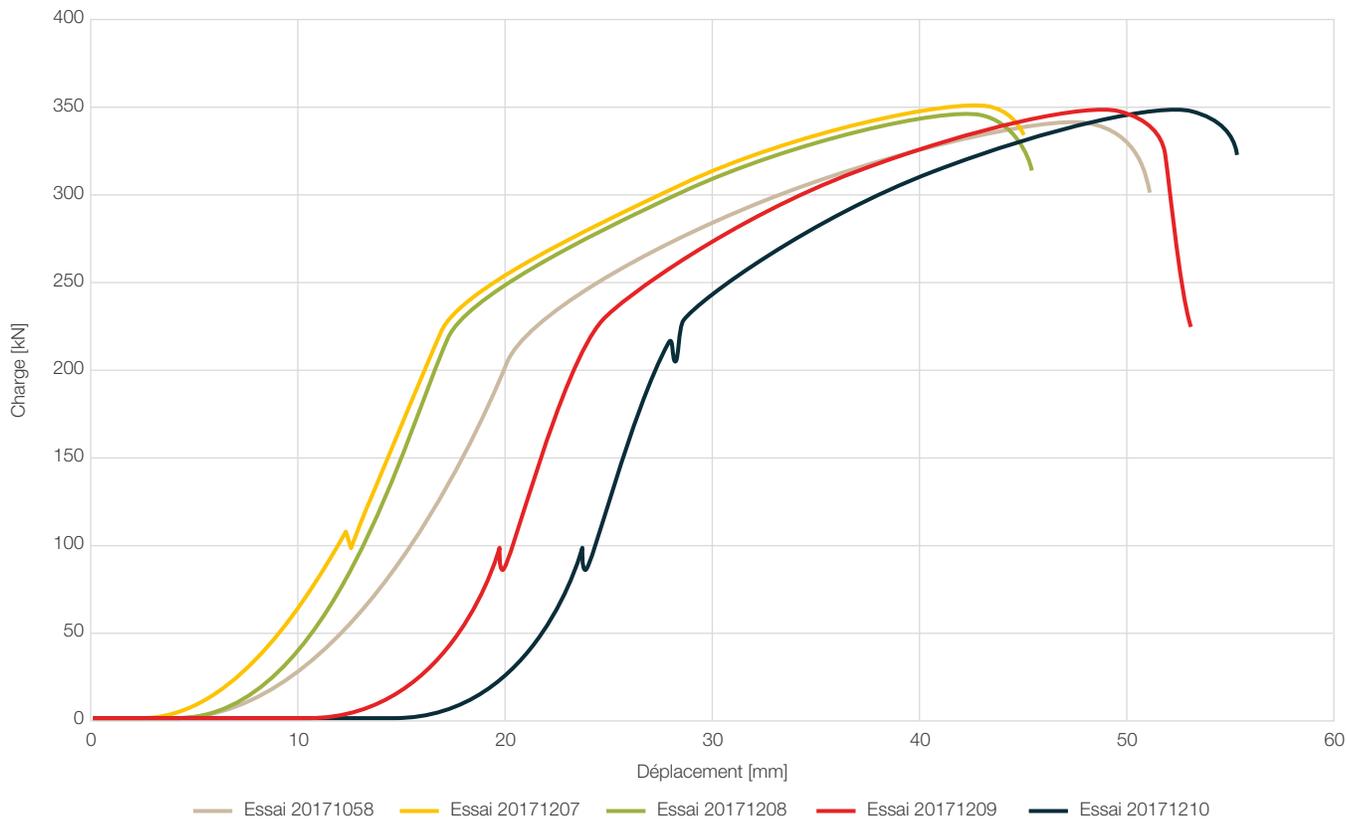
- Longueurs standard : de 1,2 [m] à 9 [m]
- Version spéciale à haute résistance de type CT26WR disponible sur demande
- Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits

## Extrémité d'écrou borgne en option (AU)

- Pas de filetage dépassant de l'écrou
- La pointe du boulon dépassant de la ligne de toit est réduite
- Les boulons existants peuvent être testés à la traction sans nécessiter d'anneaux de traction spéciaux. Le coupleur d'essai de traction se visse directement sur le filetage extérieur de l'écrou
- Taille d'écrou hexagonal standard – douille de serrage pour boulons standard
- Le filetage extérieur est supérieur à 300 [kN]



## Résultats des essais de traction



Boulon combiné à barre d'armature pleine de type CT400  
 Déterminée au cours d'essais de traction en laboratoire dans un modèle de masse rocheuse (béton)



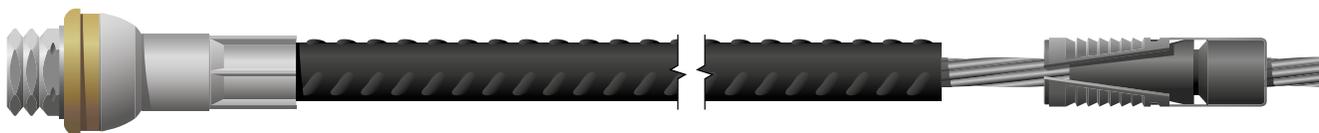
## Boulon combiné à câble

- Version à câble flexible pour charges élevées d'un boulon combiné plein qui a fait ses preuves
- Simplification de l'utilisation de boulons longs dans les zones à faible dégagement
- Ancrage avec une coquille d'expansion en prise rotative (filetée)
- Contrainte secondaire optionnelle avec un tendeur hydraulique
- Siège sphérique pour l'alignement de la garniture de coulis
- Rondelle bombée en acier inoxydable avec système d'isolation en plastique pour séparer les composants noirs et ceux en acier inoxydable
- Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits

### Spécifications (AU)

Valeur caractéristique/type	Unité	DCPCB1000
Diamètre du câble (toron)	[mm]	21,8
Poids de l'unité	[kg/m]	2,7
Charge d'élasticité <sup>1)</sup>	[kN]	495 / 525
Charge de rupture <sup>1)</sup>	[kN]	573 / 595
Gamme de diamètres de trou de forage	[mm]	63 - 65
Revêtement en PEHD	[mm]	Ø50 x 2,0

1) Minimum/typique.

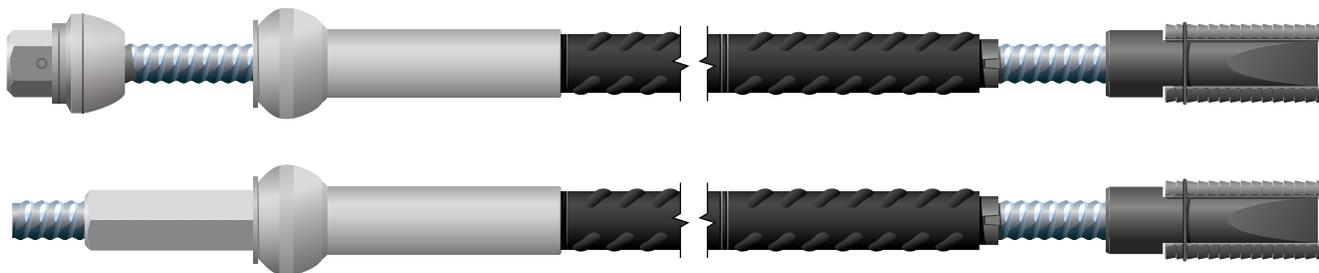


## Boulons combinés en PRV

- Barre en plastique renforcé de fibres de verre R25 entièrement filetée
- Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits
- Écrou en fibre de verre sectionnable avec goupille de rupture pour indiquer qu'un rapport couple/traction suffisant a été appliqué à l'écrou (et au boulon) après la mise en place de la coquille d'expansion
- L'écrou en acier pour les charges de calcul plus élevées permet de faire un essai de traction sur le boulon avec des méthodes conventionnelles en se connectant au filetage extérieur de l'écrou

### Spécifications (AU)

Valeur caractéristique/type	Unité	CTFB25
Diamètre du noyau de la barre	[mm]	21,7
Diamètre principal de la barre	[mm]	24,7
Section transversale de la barre	[mm <sup>2</sup> ]	346
Poids de l'unité	[kg/m]	1,5
Désignation du filetage	[mm]	R25
Limite d'élasticité	[N/mm <sup>2</sup> ]	460
Résistance à la traction	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 000
Charge de rupture	[kN]	350
Charge de cisaillement nominale	[kN]	160
Allongement ultime	[%]	2,5
Gamme de diamètres de trou de forage	[mm]	43 - 45

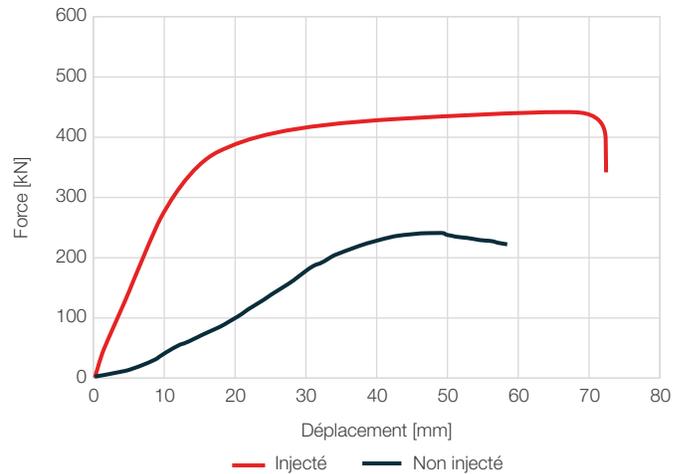


## Boulon combiné à barre creuse

### Boulon à barre creuse avec coquille d'expansion

Le boulon à barre creuse avec coquille à expansion combine les avantages d'un ancrage mécanique tendeur offrant un soutènement immédiat et ceux d'un boulon entièrement injecté. Reposant sur le système de barre creuse DSI, l'armature est constituée d'une barre creuse. L'installation du boulon assemblé (avec coquille d'expansion, plaque et écrou) est réalisée dans un trou de forage prépercé. Le scellement ultérieur facultatif du boulon est effectué du haut vers le bas à travers la barre creuse.

De plus amples informations et spécifications figurent dans la section du catalogue Système de barre creuse DSI.



Boulon à coquille d'expansion de type SK-R32-048, R32-400  
Déterminée au cours d'essais de traction en laboratoire dans un modèle de masse rocheuse (béton)

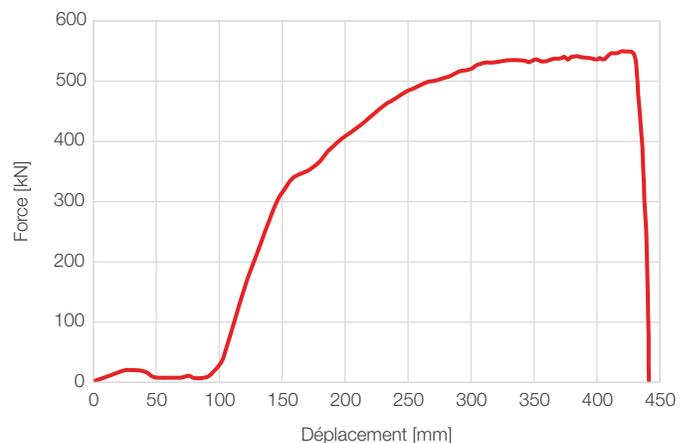


### Boulon d'expansion S-D à barre creuse

Le boulon d'expansion S-D à barre creuse (autoforant) combine un système de barre creuse avec une coquille d'expansion. Le boulon assemblé est installé par autoforage. L'activation de l'élément d'expansion est obtenue en tirant le marteau vers l'arrière sous l'effet de pressions hydrauliques. L'application d'une contrainte sur la tête du boulon et l'injection de coulis qui s'ensuit s'effectuent en plusieurs étapes.

Cette solution innovante est utilisée avec succès pour installer des boulons dans des zones difficiles d'accès et dans des sols avec des trous de forage instables. Une précontrainte active du boulon combinée à l'injection de coulis à travers la barre creuse permet à ce système de fonctionner comme un boulon combiné.

De plus amples informations et spécifications figurent dans la section du catalogue Système de barre creuse DSI.



Boulon d'expansion S-D de type R38-076, R38-550  
Déterminée au cours d'essais de traction en laboratoire dans un modèle de masse rocheuse (béton)



# *Agents de liaison*

## **Introduction**

Les cartouches de résine FASLOC® (également appelées capsules) sont utilisées pour lier les boulons au sol environnant. Le diamètre et la longueur de la cartouche de résine doivent être optimisés en fonction de la longueur du boulon ainsi que du diamètre du trou de forage et du boulon. La liaison peut être réalisée en utilisant des cartouches de résine FASLOC® ayant le même temps de prise (gel), ou des cartouches ayant des temps de gélification différents permettant la précontrainte d'un boulon.

Mineral Bolt est une résine organominérale à deux composants à base de silicate et à haute résistance. Ce système est principalement utilisé pour la liaison d'ancrages et de boulons. D'autres domaines d'application sont la stabilisation du sol, l'étanchéité au gaz et l'étanchéification à l'eau. Les cartouches de résine FASLOC® sont fabriquées dans plusieurs usines mondiales de DSI Underground. Le centre de compétences techniques mondial pour Mineral Bolt et les systèmes d'injection DSI est basé à Mikołów, en Pologne.

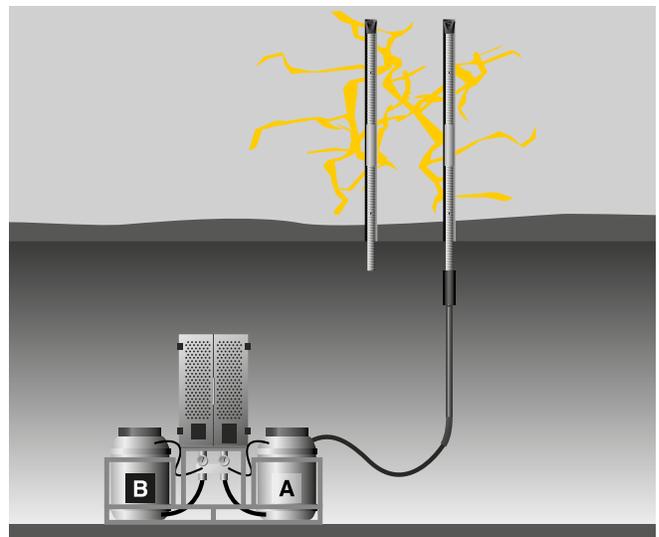
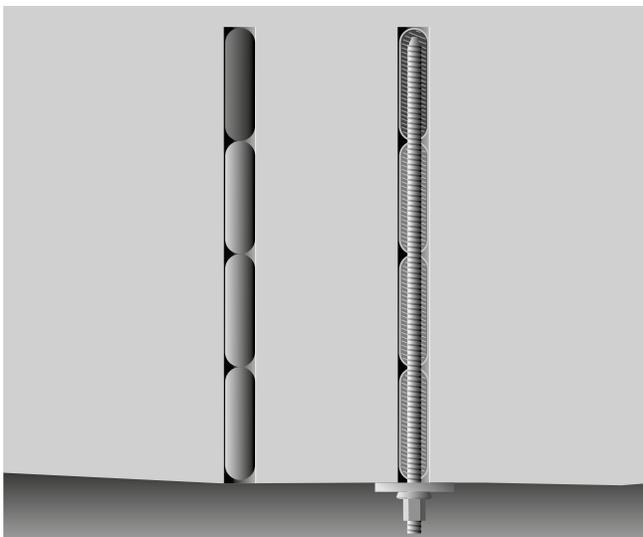
DSI Underground possède une longue expérience dans la conception, la fabrication et l'application des cartouches de résine FASLOC® et des systèmes d'injection DSI.

**Cartouches de résine à base de polyester**

**Agents de liaison pour le boulonnage**

**Résine d'injection Résines de boulonnage à deux composants à base de silicate organo-minéral**

**Cartouches de ciment**



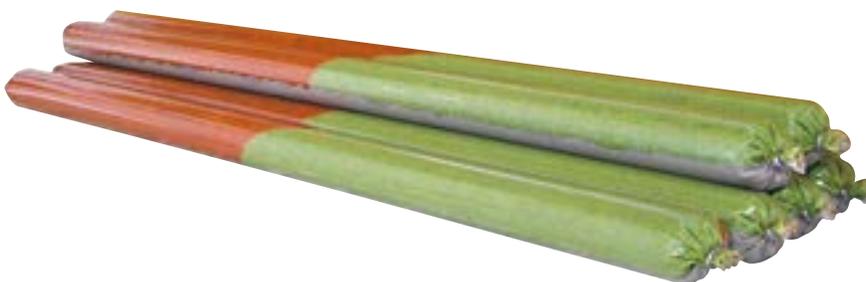
## Cartouches de résine

### Description du système

Les cartouches de résine se composent de deux compartiments : le premier contient du mastic de résine, le second un catalyseur. La séparation de ces deux compartiments est assurée par un tube en film polyester thermocollé, clipsé aux deux extrémités. Ce tube en film résistant aux produits chimiques empêche le transfert entre le mastic de résine et le catalyseur, et se caractérise par une durée de conservation optimale. Lors de l'installation, le film se déchire rapidement.

Les cartouches de résine sont thixotropes et à prise rapide, ce qui permet de réduire la force et le couple d'installation.

Lors de l'application, les deux composants doivent être soigneusement mélangés dans un trou prépercé afin de garantir un durcissement et une liaison optimale entre le boulon et le sol. Un rapport catalyseur/résine élevé et des composants à la rhéologie optimisée améliorent l'efficacité du mélange et la performance globale. Grâce à des ingrédients optimisés et à un emballage soigné, les cartouches de résine FASLOC® se caractérisent par une grande durabilité : les composants conservent des propriétés inchangées sur une longue période.



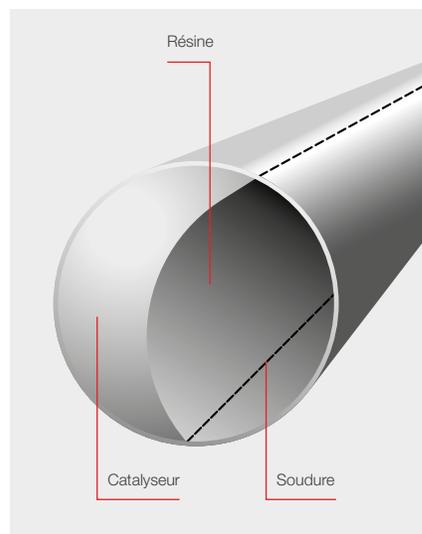
### Principaux avantages

- Capacité de liaison maximale grâce à des composants optimisés
- Temps d'installation optimisés
- Scellement avec de la résine durable et sûr
- Temps de gélification constant et personnalisé
- Rapport catalyseur/résine élevé
- Convient à tous les types de sol avec des trous de forage stables
- Types de cartouches à vitesse unique et à deux vitesses

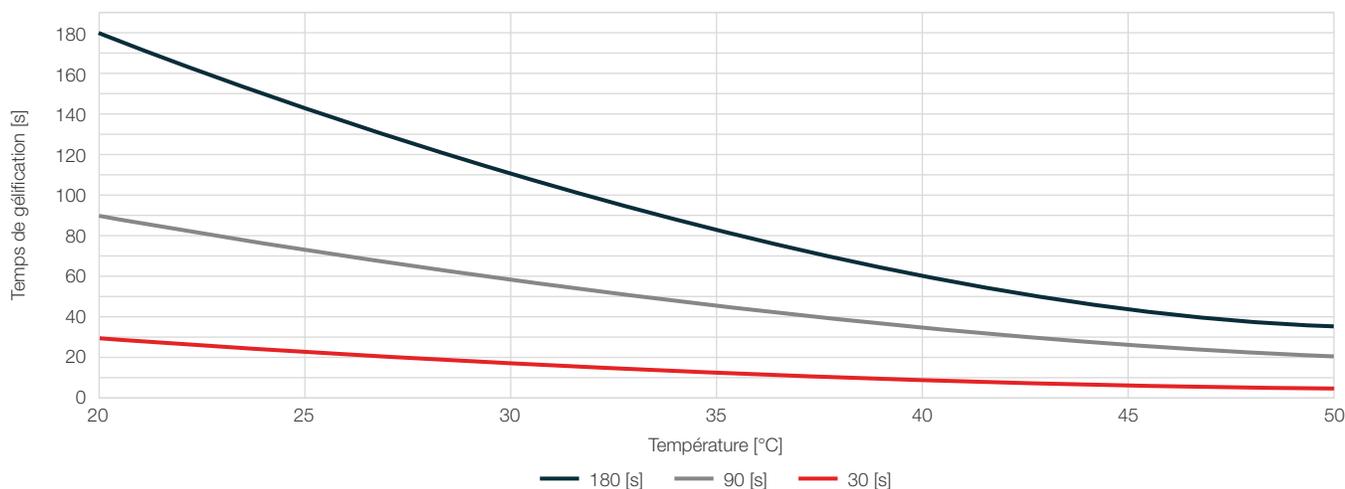


## Spécifications

- Cartouche à deux compartiments : tube en film polyester thermocollé clipsé aux deux extrémités
- Mastic (résine) gris foncé ou coloré
- Catalyseur gris clair
- Diamètres nominaux en unités SI et en unités américaines courantes
- Les cartouches sont disponibles dans des longueurs allant de 200 [mm] à 2 000 [mm] (de 7,8 [in] à 78,7 [in])
- D'autres dimensions sont disponibles sur demande
- Temps de gélification (prise) standard : 30, 60, 90, 120 et 180 secondes
- Il est possible d'obtenir des temps de gélification alternatifs sur demande, dans la plage suivante : 15 - 600 [s]
- Les cartouches Duo Speed contiennent deux résines à temps de gélification distincts dans le même emballage pratique
- Nombre de tours en fonction du type de cartouche de résine
- Gammes de diamètres standard EMEA : 23 - 25 [mm], 27 - 30 [mm], et 32 - 40 [mm]
- Autres diamètres disponibles sur demande
- Les temps de gélification indiqués ont été déterminés dans des conditions de laboratoire et à une température de 20 [°C]
- Les cartouches FASLOC® sont des matériaux non dangereux conformément aux réglementations de transport RID/ADR, IMDG et ICAO/IATA
- Pour des informations techniques et de sécurité complètes, reportez-vous aux fiches technique) et aux fiches signalétiques



### Temps de gélification en fonction de la température <sup>1)</sup>



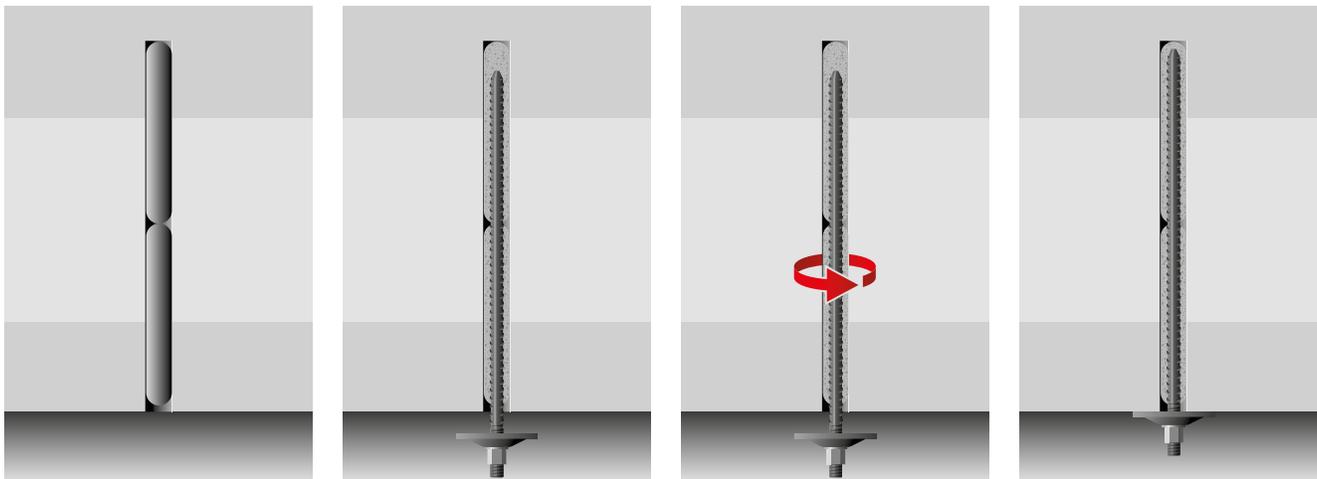
1) Pour d'autres courbes de temps de gélification en fonction de la température, reportez-vous aux fiches techniques des produits DSI Underground.

### Gamme d'applications du système de barre pleine DSI

Diamètre du trou de forage	[mm]	25	29	32	35	35	35	38	38	41	41	44	44	48	51
	[in]	1,0	1,125	1,25	1,375	1,375	1,375	1,5	1,5	1,625	1,625	1,75	1,75	1,875	2,0
Diamètre de la cartouche	[mm]	23	25	28	28	30	32	32	35	32	35	40	40	40	40
Diamètre du boulon [mm]	16,0	X													
	20,0	X	X	X											
	22,2		X	X		X	X								
	25,0			X	X	X	X	X	X		X				
	28,0				X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	32,0									X	X	X	X	X	
	36,0											X	X	X	X
	40,0													X	X

## Procédure d'installation

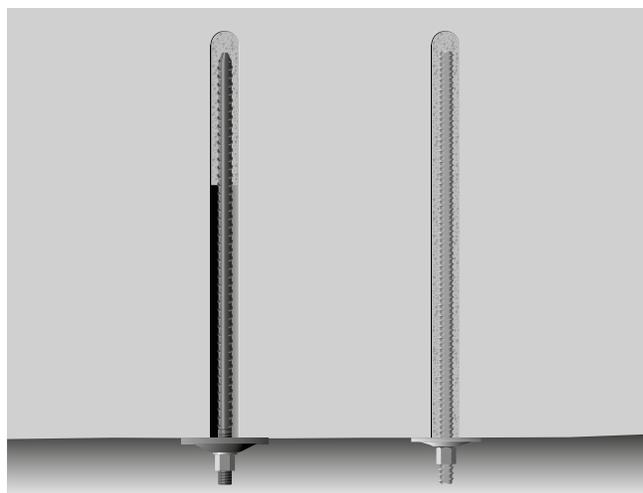
### Procédure d'installation des boulons entièrement injectés et non soumis à une contrainte



1. Insérez les cartouches de résine requises dans un trou de forage prépercé et nettoyé. Le diamètre, la longueur et la quantité de cartouches dépendent de la longueur et du diamètre du boulon ainsi que de la longueur de liaison.
2. Insérez le boulon dans le trou jusqu'à un point situé juste en dessous de la ligne d'excavation. La rotation lente du boulon pendant l'insertion est facultative.
3. Rotation du boulon.  
Remarque : respectez les recommandations relatives à la vitesse de rotation et au nombre de tours. 30 tours au minimum.
4. Poussez le boulon vers le haut avec la force de poussée maximale disponible de la machine et continuez jusqu'à ce que les cartouches de résine se mettent en place. Pas de rotation après l'étape 3. La résine partiellement gélifiée risque d'être endommagée.

### Procédure d'installation des boulons précontraints

1. Installez une cartouche de résine (ancrage ponctuel) ou une cartouche de résine à prise rapide et plusieurs cartouches de résine à prise lente (scellement intégral) dans un trou de forage prépercé et propre.
2. Voir l'étape n° 2 ci-dessus. Par défaut, un écrou de type goupille de cisaillement ou un dispositif similaire est utilisé.
3. Voir l'étape n° 3 ci-dessus.
4. Poussez le boulon vers le haut avec la force de poussée maximale disponible de la machine et continuez jusqu'à ce que la cartouche de résine à prise rapide durcisse. Ensuite, faites tourner avec un couple supérieur à la charge de rupture de l'écrou de la goupille de cisaillement et appliquez le couple nominal sur le boulon.



Point d'ancrage soumis à une contrainte      Contraint entièrement injecté

### Recommandations générales

- La relation entre le diamètre du trou de forage, le diamètre du boulon, ainsi que les dimensions et la quantité de cartouches de résine utilisées par boulon est un facteur influençant la capacité de charge du système
- Les procédures d'installation doivent être suivies scrupuleusement pour garantir la réussite de l'application des cartouches de résine
- Toutes les instructions sont des lignes directrices générales : des tests sur site doivent être effectués pour déterminer les temps réels de « mélange » et de « maintien »
- Des données techniques et de sécurité supplémentaires figurent dans les fiches techniques et les fiches signalétiques
- Les tableaux d'utilisation des résines et les tableaux d'ancrages universels sont disponibles sur demande

## Contrôle qualité

### Les caractéristiques de performance d'une résine de boulonnage dépendent de divers paramètres tels que

- Le type de boulon (armature)
- Le rapport entre le diamètre du boulon et celui du trou de forage
- Le diamètre et la longueur de la cartouche de résine
- La longueur du trou de forage et de l'encapsulation
- La longueur excédentaire du trou de forage (profondeur excessive)



### Recommandations générales en matière de stockage

- La température de stockage doit être inférieure à 30 [°C] (86 [°F]) en permanence, la plage de température de stockage préférée se situant entre 0 [°C] (32 [°F]) et 20 [°C] (68 [°F])
- Conservez les cartouches de résine FASLOC® à l'abri de la lumière directe du soleil
- Stockez-les dans un environnement sec, sous abri et avec une ventilation adéquate
- Le froid ne réduit pas la durée de conservation des cartouches de résine FASLOC®, mais il est nécessaire de les réchauffer avant utilisation jusqu'à une température d'environ 15 [°C] (59 [°F])
- Durée de conservation par défaut si les conditions de stockage recommandées sont respectées : neuf mois ; durée de conservation réduite dans des conditions défavorables
- Une bonne rotation des stocks (premier entré – premier sorti) permet d'éviter les gaspillages

### Manipulation et sécurité au travail

- Les cartouches de résine FASLOC® sont réservées à un usage industriel et sont uniquement conçues pour être utilisées avec des boulons
- Les cartouches de résine FASLOC® ne doivent être ni ouvertes ni percées
- N'utilisez pas de cartouches de résine rompues ou cassées
- Il est recommandé de porter des lunettes de sécurité ou des lunettes de protection pendant l'installation
- Le contact physique avec les composants liquides de la cartouche peut provoquer de légères irritations et doit être évité en toutes circonstances
- Dans le cas peu probable d'un contact avec les yeux, il est recommandé de rincer immédiatement et abondamment à l'eau claire, puis de consulter un médecin

## Temps de mélange et de maintien en fonction de la vitesse de rotation <sup>1)</sup>

Temps de gélification [-]	100 [RPM] <sup>2)</sup>		300 [RPM]		600 [RPM]		800 [RPM]	
	Mélange [s]	Maintien [s]	Mélange [s]	Maintien [s]	Mélange [s]	Maintien [s]	Mélange [s]	Maintien [s]
15 [s]	NR		9 - 12	5 - 15	7 - 10	5 - 10	7 - 10	5 - 10
30 [s]	NR		10 - 20	5 - 25	10 - 20	5 - 15	10 - 15	5 - 15
60 [s]	20 - 40	10 - 40	20 - 30	10 - 30	20 - 30	10 - 30	20 - 30	10 - 30
90 [s]	20 - 40	10 - 40	20 - 30	10 - 30	20 - 30	10 - 30	20 - 30	10 - 30
Ultra lent	40 - 240	180 - 300	40 - 240	180 - 300	40 - 240	180 - 300	40 - 240	180 - 300
Duo speed	NR		20 - 30	10 - 30	20 - 30	10 - 30	20 - 30	10 - 15

1) Les temps de mélange et de maintien sont des indications pour les conditions d'installation par défaut (20 °C) / 68 (°F) et doivent être vérifiés sur le lieu d'utilisation.

2) NR : non recommandé.

## Tubes d'insertion

- Opérations de boulonnage dans des zones hautes ou des cavernes où l'installation manuelle n'est ni sûre ni pratique
- Les cartouches de résine peuvent être placées dans le trou de forage à partir d'un endroit éloigné, sous un sol soutenu
- Installation à l'aide d'un tube d'insertion en plastique à usage multiple et d'un adaptateur fileté relié à la foreuse
- Les capuchons de retenue maintiennent la cartouche de résine dans le trou de forage
- Pas de paniers de chargement nécessaires
- Adaptateur de tube (T38)
- Tube d'insertion de résine
- Capuchons de retenue



## Accessoires

- Dispositifs de retenue de type panier
- Dispositifs de retenue de type parachute
- Dispositifs de retenue de type haut de forme
- Les cartouches de résine sont fournies avec des dispositifs de retenue montés ou avec des dispositifs de retenue en vrac

## Étiquetage et emballage

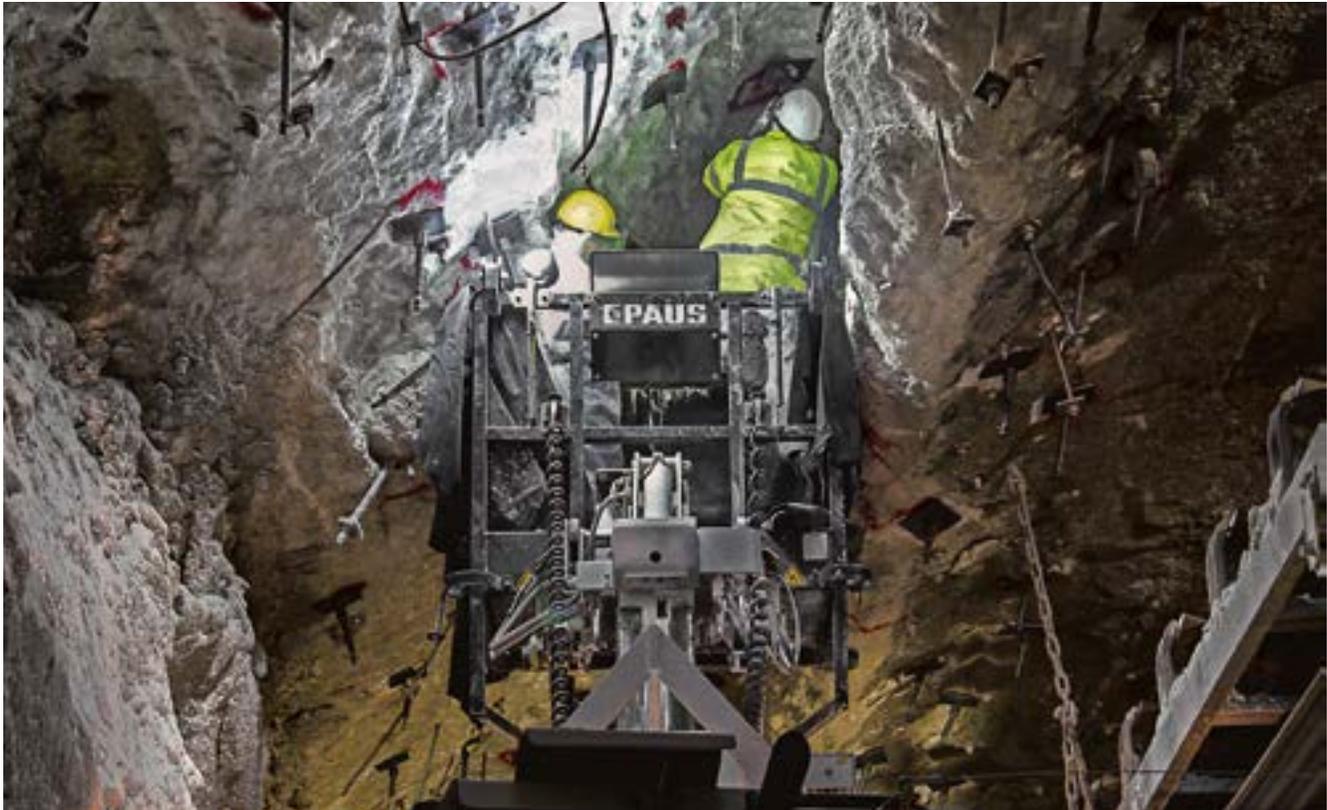
### Contenu de l'étiquette

- Diamètre
- Longueur
- Temps de gélification
- Quantité par unité d'emballage
- Poids de l'unité d'emballage
- Date de production et de péremption
- Numéro de lot
- Recommandations générales HSE
- Procédure d'installation sur demande
- Informations de contact

### Emballage

- Emballage par défaut : boîtes en carton en 2 parties
- Clips en aluminium standard, clips en cuivre disponibles sur demande
- Emballage personnalisé sur demande

## Mineral Bolt – Résines de boulonnage par injection au silicate



### Gamme de produits

Désignation du produit	Nom du produit	Description du produit
Résine d'injection organominérale à base de silicate	Bolt MI	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Comportement thixotropique du mélange réactionnel spécialement conçu pour les applications de boulonnage mécanisé</li> <li>– Installation aisée des boulons en hauteur</li> <li>– Haute résistance à la rupture et capacité de charge immédiate après l'installation</li> <li>– Excellentes propriétés adhésives et mécaniques</li> <li>– Système hydrophobe, c'est-à-dire que l'eau n'affecte pas la résine Mineral Bolt et qu'il n'y a aucune réaction entre ces deux éléments</li> <li>– Température de réaction exothermique inférieure à celle des systèmes PUR</li> <li>– Non inflammable</li> <li>– Absolument sans danger pour l'environnement une fois durcie (système inerte après réaction)</li> <li>– Application approuvée avec le système de barre creuse DSI et les barres creuses en PRV</li> <li>– Excellente protection contre la corrosion</li> </ul>
	Bolt F	– Prise rapide
	Bolt M	– Prise moyenne
	Bolt S	– Prise lente
	Bolt US	– Prise ultra lente

### Abréviations

- MI** Installation mécanisée
- F** Fast (rapide)
- M** Medium (moyenne)
- S** Slow (lente)
- US** Ultra Slow (ultra lente)





## Spécifications

Valeur caractéristique <sup>1)</sup>	Unité	Bolt MI
Densité de mélange <sup>2)</sup>	[g/cm <sup>3</sup> ] / [lb/yd <sup>3</sup> ]	1,3 / 2,2
Facteur mousse <sup>3)</sup>	[1]	1,0
Température de réaction maximale <sup>3)</sup>	[°C] / [°F]	< 130 / < 166
Force de compression <sup>3), 4)</sup>	[MPa] / [ksi]	> 60 / > 8,7
Résistance à la flexion <sup>3), 4)</sup>	[MPa] / [ksi]	> 60 / > 8,7
Capacité d'extraction après 3 minutes <sup>5)</sup>	[kN] / [kip]	220 / 49,5
Capacité d'extraction après 15 minutes <sup>5)</sup>	[kN] / [kip]	310 / 69,7
Dureté Shore D <sup>2), 6)</sup>	[1]	60

Produit	Propriétés/unité <sup>1), 2)</sup>	
	Temps de réaction	Temps de séchage
[-]	[s]	[s]
Bolt MI	5 - 35	50 - 70
Bolt F	45 - 60	70 - 90
Bolt M	105	180 - 360
Bolt S	180	480 - 600
Bolt US	285	600 - 720

1) Les valeurs indiquées sont des valeurs de laboratoire et peuvent varier d'un site à l'autre. À conserver dans l'emballage d'origine et à l'abri de l'humidité à des températures comprises entre 5 [°C] et 30 [°C] (41 [°F] et 86 [°F]).

2) À 20 [°C] (68 [°F]).

3) À 25 [°C] (77 [°F]).

4) Après 28 jours.

5) Conformément à la norme DIN 21521 avec un boulon à barre creuse de type R32-360 et Mineral Bolt F.

6) Après 15 minutes et 60 minutes.

Vous trouverez d'autres données et informations dans les fiches techniques de DSI Underground.

## Procédure d'installation

### Boulons à câble

- Forage d'un trou
  - Selon les spécifications données en ce qui concerne le diamètre et la longueur
- Insertion du boulon à câble dans le trou de forage
  - Avec dispositif de retenue d'extrémité
  - Tube de scellement attaché
  - Version bombée par défaut
- Scellement optionnel de l'entrée du trou de forage
  - Mousse pulvérisée ou bouchon de trou de forage
- Injection
  - De haut en bas via le tube d'injection : raccordement du tube d'injection au mélangeur statique à l'aide d'un raccord rapide
- Tension
  - Le temps de durcissement rapide permet de mettre le câble sous tension en moins de 15 minutes après l'installation



Boulon à câble



Système de barre creuse DSI

### Système de barre creuse DSI ou barres creuses en PRV de type CH ou CR

- Installation par autoforage ou insertion dans un trou de forage prépercé
  - Utilisation facultative d'un dispositif de retenue d'extrémité
- Scellement de l'entrée du trou de forage
  - Mousse pulvérisée ou bouchon de trou de forage
- Injection
  - La résine s'écoule vers le haut à travers la barre creuse, l'injection se fait du bas vers le haut
- Tension
  - Le temps de durcissement rapide permet de mettre le câble sous tension en moins de 15 minutes après l'installation



Hameçon



Barre creuse en PRV





## Tests et homologations

- Mineral Bolt satisfait aux normes d'approbation minières allemandes (Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW)
- Température de réaction et point d'éclair (DMT GmbH, Allemagne)
- Consistance du matériau et température d'auto-inflammation (DMT GmbH, Allemagne)
- Résistance à la compression, à la flexion et à la traction (Central Mining Institute, Pologne)
- Conformité aux normes minières australiennes NSW (Mine Safety Technology Centre, Australie)
- Tests de fonctionnement du Mineral Bolt F et US combiné au système de barre creuse DSI de type R32-360 conformément à la norme DIN 21521 (DMT GmbH, Allemagne)
- Test d'hygiène minière et évaluation des systèmes à deux composants pour la consolidation des roches conformément au paragraphe 10 de l'ordonnance minière pour les mines de charbon (BVOST) et au paragraphe 18 de l'ordonnance minière pour les mines de minerai, les mines de sel et les exploitations de roches et de terre (BVOESSE), en conjonction avec la norme DIN 22100 (Hygiene Institute Gelsenkirchen, Allemagne).





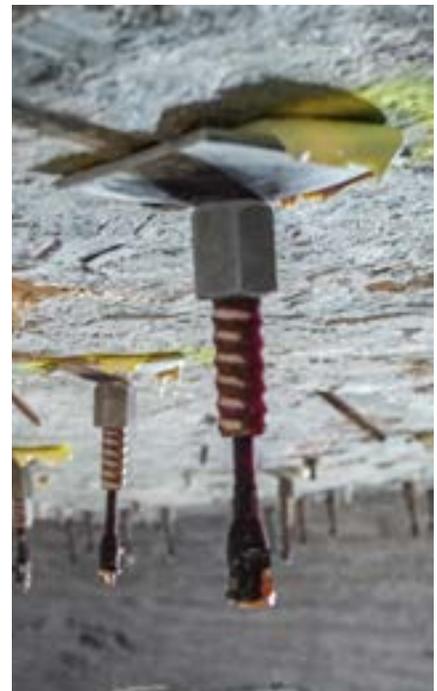
### **Pompes d'injection**

- Les composants A et B sont traités avec une pompe haute pression à 2 composants et un mélangeur statique de taille M10
- Pompe à piston pneumatique actionnée par un vilebrequin
- Apport indépendant des deux composants
- Conception robuste et peu sensible
- Fonctionnement et manipulation aisés
- Pièces détachées et kits de démarrage disponibles
- Fiche technique et manuel d'utilisation disponibles sur demande



### **Accessoires**

- Tube de mélange et mélangeurs statiques
- Raccords
  - Adaptateurs d'injection
  - Injecteur spécial avec raccord rapide intégré pour barres creuses
- Raccord rapide et pince de serrage pour boulons à câble
- De plus amples informations concernant les accessoires du système sont disponibles dans la section du catalogue « Produits chimiques d'injection »
- Catalogue séparé DSI Underground pour les produits chimiques d'injection disponible sur demande



# Cartouches de ciment

## Introduction

Les cartouches de ciment sont constituées d'un composé cimentaire enfermé dans un emballage perforé qui, lorsqu'il est immergé dans l'eau, permet de mouiller le contenu de manière contrôlée, formant ainsi un coulis thixotrope. La cartouche est ensuite insérée dans le trou et le boulon ou le goujon déformé est enfoncé.

## Principaux avantages

- Forme de cartouche pratique et facile à manipuler
- Durcissement plus rapide par rapport au coulis de ciment standard
- Temps de prise contrôlé et liaison à haute résistance
- Activation facile par immersion dans l'eau
- Thixotropie et absence de rétraction
- Aucun équipement spécial de scellement n'est nécessaire
- Non toxique, non combustible et sans chlorure

## Spécifications <sup>1)</sup>

Valeur caractéristique/type	Unité	CC-25	CC-28	CC-32	CC-35	CC-39
Diamètre extérieur	[mm]	25	28	32	35	39
	[in]	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
Longueur	[mm]	600				
	[in]	23,6				
Temps de trempage	[s]	60				

Valeur caractéristique/type	Unité	2 heures	4 heures	1 jour	3 jours	7 jours
Force de compression	[MPa]	12	14	21	35	43
	[psi]	1 740	2 030	3 050	5 080	6 240

1) Durée de conservation par défaut : 1 an.

## Procédure d'installation

1. Retirez le nombre nécessaire de cartouches de l'emballage.
2. Immergez les cartouches dans l'eau jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de signes de dégagement d'air (bulles) de la cartouche. Ne laissez pas la cartouche dans l'eau pendant plus de 5 minutes.
3. Le coulis de ciment commencera à durcir dans les 20 minutes qui suivent l'immersion initiale dans l'eau. Ainsi, le boulon doit être installé dans ce délai. Toutefois, il est recommandé d'utiliser les cartouches humidifiées dans les 15 minutes pour obtenir des résultats optimaux.
4. Insérez les cartouches dans un trou propre (tamponnez avec un manche de chargement).
5. Insérez le boulon, afin de rompre les cartouches et de permettre au coulis de mastiquer l'espace annulaire entre le boulon et le trou de forage. Après 12 heures, le coulis résiste généralement à la totalité de la charge d'élasticité des boulons à barre d'armature standard.



# Pompes à mélange de coulis DSI MAI®

## Introduction

Les pompes à mélange de coulis DSI MAI® sont conçues pour faire face à des conditions souterraines extrêmement difficiles. Elles ont été utilisées avec succès dans le monde entier dans les domaines du forage de tunnels, de l'exploitation minière et du génie civil, par exemple pour l'étaillage de pentes, de flancs de collines et d'excavations de bâtiments.

DSI MAI® 400 NT est la pompe à mélange de coulis la plus utilisée dans la construction souterraine. D'autres types de pompes à mélange de coulis sont listés dans le tableau ci-dessous et sont disponibles sur demande.

## Principaux avantages

- Conception robuste et manipulation facile
- Poids à vide réduit
- Simplicité d'utilisation et d'entretien grâce à la conception modulaire
- Temps de démarrage et de nettoyage réduits
- Débit élevé à pression continue
- Débit variable
- Équipement polyvalent
- Sécurité maximale des processus
- Durable grâce aux composants en acier inoxydable, au cadre galvanisé et aux composants en plastique résistant à l'usure
- Nettoyage pratique
- Possibilité d'entraînement inverse



## Domaines d'application

Segments de marché	Matériaux	Applications	DSI MAI® 440 GE	DSI MAI® 400 NT	DSI MAI® 400 EASY	DSI MAI® 400 HD	DSI MAI® 400 EX	DSI MAI® PICTOR
Forage de tunnels, de barrages et de puits	Ciment, mortiers d'ancrage, mélanges pré-mélangés de ciment/sable/cendres volantes	Sol et roche	XXX	XXX	X	XXX	—	—
		Remplissage de cavités	XXX	XXX	X	XXX	—	—
		Boulons	XXX	XXX	X	XXX	—	—
Exploitation minière	Ciment, mortiers d'ancrage, coulis prémélangés	Boulons	—	—	—	XXX	XXX	—
		Pulvérisation	—	—	—	—	XXX	—
Géotechnique	Ciment, mortiers géothermiques, coulis prémélangés	Géothermie	XXX	XXX	X	XXX	—	—
		Tubes de puits	XXX	XXX	XX	XXX	—	—
		Puits/trous abandonnés	XXX	XX	X	XX	—	—
Construction de bâtiments	Ciment, coulis prémélangés, plâtres	Remplissage de trous-fenêtres/portes	XXX	—	—	—	—	XX
		Préfabrication	XXX	—	—	—	—	XXX
		Pulvérisation	XXX	—	—	—	—	XXX
Remise en état	Ciment, coulis prémélangés, ignifugation, mortiers de revêtement, plâtres/stucs	Remplissage insuffisant	—	—	—	—	—	XXX
		Étanchéité	—	—	—	—	—	XXX
		Mortier de réparation	XXX	—	—	—	—	X
		Garnitures et revêtements finaux	—	—	—	—	—	XXX

— : ne convient pas, X : aptitude limitée, XX : approprié, XXX : très approprié

## Composants du système DSI MAI® 400 NT

- Unité de pompage
- Mélangeur
- Unité d'entraînement
- Grille de protection avec ouvre-sac



## Accessoires

- Outils
- Pompe à eau
- Contrôle automatique de la polarité
- Équipement de nettoyage
- DSI MAI 440 GE
  - Compresseur
  - Pistolets de pulvérisation et de masticage
  - Capot pour l'alimentation du silo
  - Pompe doseuse pour le dosage d'additifs
- Capteurs de pression pour le scellement
- Débitmètre-pressiomètre d'injection DSI MAI® LOG pour l'enregistrement des données

## Spécifications

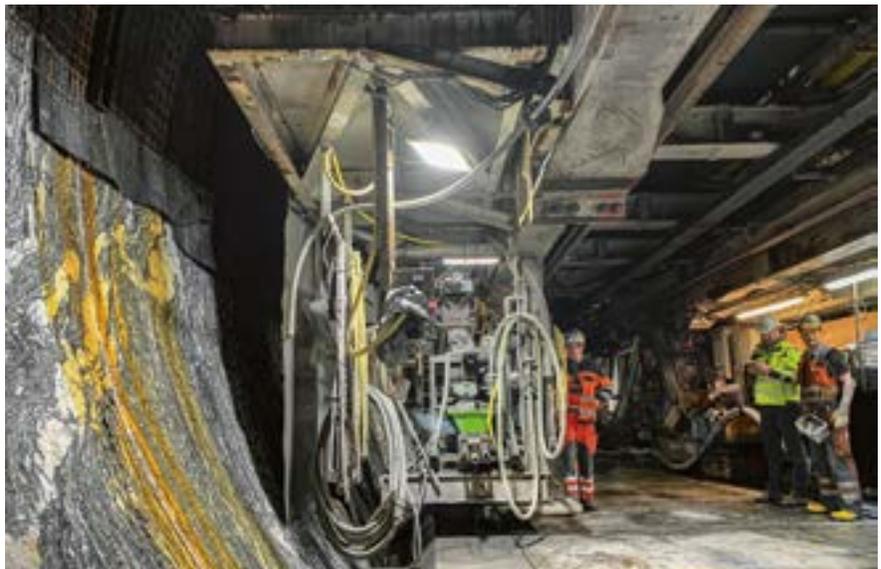
Valeur caractéristique/type	Unité	DSI MAI® 400 EASY PLUS	DSI MAI® 400 NT	DSI MAI® 440 GE
Puissance nominale	[kW]	4,0	6,2	10,0
	[hp]	5,4	8,3	13,4
Motoréducteur	[rpm]	290	200	200
Débit	[L/min]	16	8 - 34	5 - 54
	[gal/min]	4,2	2,1 - 9,0	1,3 - 14,3
Pression de fonctionnement	[bar]	25	40	40
	[psi]	360	580	580
Longueur	[mm]	1 616	1 755	2 010
	[in]	63,5	69,1	79,1
Largeur	[mm]	580	570	750
	[in]	23	22	30
Hauteur	[mm]	900	960	1 030
	[in]	35	38	41
Hauteur de remplissage	[mm]	900	960	1 030
	[in]	35,4	38	41
Poids total	[kg]	136	230	360
	[lb]	300	507	794

## Débitmètre-pressiomètre d'injection DSI MAI® LOG

### Introduction

Le débitmètre-pressiomètre d'injection révolutionnaire DSI MAI® LOG permet une documentation précise et complète de l'amélioration du sol ainsi qu'un système de contrôle des critères de fin d'injection spécifiés.

L'appareil, conçu pour les missions de chantier difficiles, contrôle et supervise l'utilisation des pompes d'injection dans les secteurs du forage de tunnels, de l'exploitation minière et du génie civil. Le débitmètre-pressiomètre est un module séparé et flexible, qui peut être connecté directement à une pompe d'injection.



## Principaux avantages

- Conception robuste et manipulation facile
- Enregistrement en temps réel de la pression, du débit et du volume d'injection
- Analyse automatique des données de travail
- Transfert de données par carte Compact Flash ou USB
- Logiciel permettant de transférer facilement des données dans un tableur
- Montable sur un trépied, pour une manipulation optimisée sur les chantiers
- Arrêt automatique en cas de dépassement de la pression et/ou du volume définis
- Commande de la pompe avec DSI MAI® 400 GE et 400 NT
- Réglages : les opérateurs peuvent procéder eux-mêmes à des réglages en fonction du type de matériau utilisé
- L'unité de mesure peut être configurée :
  - Pression : 6 / 40 [bar] (90 / 580 [psi])
  - Débit : 4 / 12 [m³/h] (140 / 425 [ft³/h])

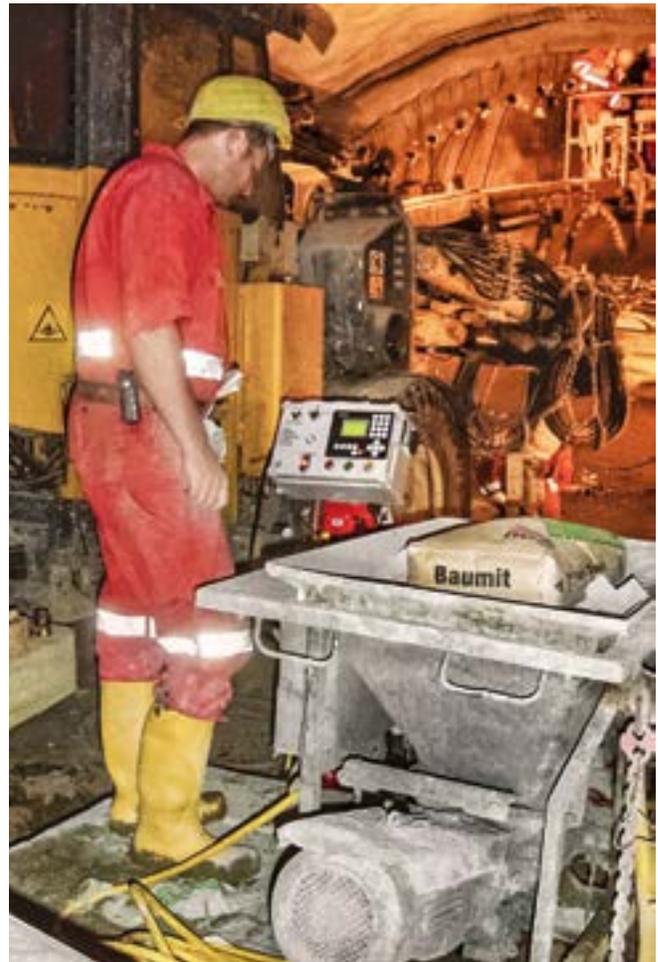
## Description du système

Les débits et les pressions d'injection sont enregistrés séparément pour chaque forage d'injection. L'enregistrement numérique des données, protégé contre les manipulations, s'effectue au moyen d'un terminal à écran tactile simple et facile d'utilisation. La facilité d'utilisation et le

logiciel intégré, qui permet d'introduire les données de travail dans un programme de calcul sur tableur, sont un avantage pour chaque chantier.

Les données acquises sont affichées en temps réel. Grâce au logiciel d'importation de données DSI MAI® LOG,

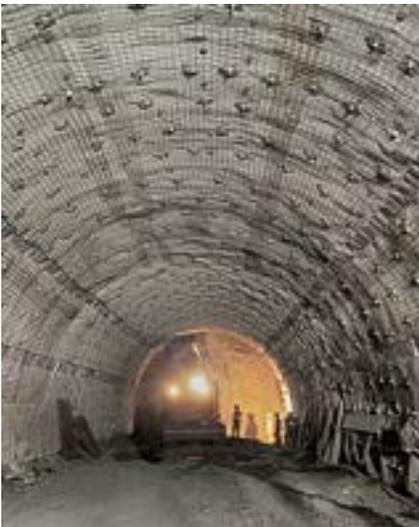
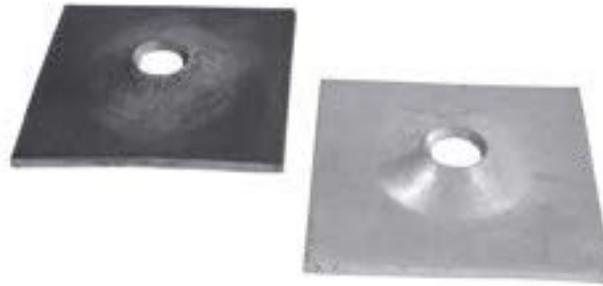
toutes les données enregistrées peuvent être facilement transférées sur un ordinateur portable ou un PC dans un tableur. L'évaluation des données y est présentée sous la forme d'une vue d'ensemble consolidée à l'aide de graphiques et de tableaux.



# Accessoires

## Plaques

- Versions standard : plaque bombée ou plate
  - Les dimensions standard figurent dans les homologations du système DSI Underground
  - Plaque bombée : longueur et largeur jusqu'à 250 [mm] (9 27/32 [in]) et épaisseur de paroi jusqu'à 20 [mm] (25/32 [in])
  - Plaque plate : différentes dimensions disponibles sur demande
  - Conception de pattes spécifiques (oreilles de chien) pour les plaques bombées
  - Les plaques peuvent être fabriquées avec des trous ronds ou allongés
- Nuance d'acier
  - Europe : S235 ou S355 conformément à la norme EN 10025-2
  - Amérique du Nord : ASTM A 1011 : nuance 35 ou supérieure
  - Autres nuances d'acier disponibles sur demande
  - Versions noires, galvanisées ou revêtues disponibles
- Plaques spéciales
  - Plaques papillon légères pour le contrôle de la surface
  - Plaques de contrôle de surface pour boulons frottants
  - Plaques à croisillon (béton projeté) à utiliser en combinaison avec des boulons et du béton projeté
  - Plaques à treillis à emboîter
  - D'autres plaques sont disponibles sur demande
- Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits



## Longrines

### Longrines OSRO <sup>1)</sup>

Longueur		Largeur		Diamètre de la barre horizontale		Diamètre de la barre de cerclage	
[mm]	[in]	[mm]	[in]	[mm]	[in]	[mm]	[in]
1 000 - 6 000	39 - 236	250 - 1 000	10 - 39	6 - 10	0,25 - 0,40	5,5	0,2

### Longrines W <sup>1)</sup>

Longueur		Largeur		Épaisseur de la paroi		Espacement standard des trous	
[mm]	[in]	[mm]	[in]	[mm]	[in]	[mm]	[in]
1 000 - 3 000	39 - 118	220 - 500	9 - 20	1,5 - 6,0	0,05 - 0,25	500	20

1) D'autres dimensions sont disponibles sur demande, et les diamètres de trou sont personnalisés.



# Équipement d'essai de traction

## Introduction

Un équipement d'essai de traction est nécessaire pour effectuer des essais d'arrachement non destructifs et destructifs sur les ancrages et les boulons.

Des essais d'arrachement sur les ancrages et les boulons sont effectués pour contrôler la qualité de la boulonnerie. Selon le type et la conception du boulon utilisé, différents équipements d'essai sont utilisés.

En fonction de l'objectif de l'opération, des ensembles modulaires de différents équipements d'essai de traction peuvent être adaptés à toute la gamme de boulons fournis par DSI Underground.



## Composants du système

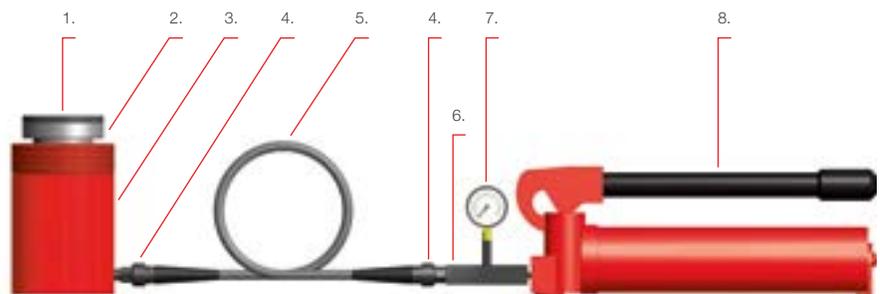
L'équipement d'essai de traction est constitué d'une série de composants mécaniques et hydrauliques et est conçu pour une force d'essai ultime allant jusqu'à environ 60 [t] (66 [ST]).

- Composants hydrauliques
  - Cylindre à piston creux
  - Flexible hydraulique
  - Pompe électrique ou pompe manuelle, avec manomètre
  - Les manomètres peuvent être fournis avec un certificat d'étalonnage
- Cadre de support
  - En fonction des exigences et des forces d'essai, le cadre est disponible sous la forme d'un trépied ou d'un cadre tubulaire de différentes tailles.
- Composants mécaniques
  - Disques intermédiaires
  - Plaques de compensation d'angle
  - Tiges de traction et raccords de traction pour les boulons à tester



## Composants

1. Plaque d'appui du cylindre à piston creux/écrou
2. Pièce de pression
3. Cylindre hydraulique à piston creux, action simple
4. Raccord à haut débit
5. Flexible hydraulique
6. Pièce du manomètre
7. Manomètre (avec certificat d'étalonnage)
8. Pompe manuelle ou pompe électrique compacte



## Spécifications

Type d'ancrage ou de boulon	Cylindre hydraulique <sup>1)</sup>		Trépied ou cylindre support <sup>2)</sup>		Adaptateur de traction <sup>3)</sup>
	320 [kN] (72 [kip]) max	Max 640 [kN] (144 [kip])			
Système de barre creuse DSI	X	X	X	X	Raccord, barre creuse et écrou
Ancrage mécanique à barre pleine DSI	X		X		Raccord, tige et écrou
Ancrages mécaniques à barre d'armature	X		X		Adaptateur de traction, rondelle et écrou
Système de barre pleine DSI	X	X	X		Raccord, tige et écrou
Boulons SN et boulons à résine	X		X		Adaptateur de traction, rondelle et écrou
Boulons combinés	X	X	X		Raccord, barre creuse et écrou
Boulon combiné à barre d'armature pleine	X		X		Adaptateur de traction, rondelle et écrou
Boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT®	X		X		Tête de traction, rondelle et écrou OMEGA-BOLT®
Boulons frottants autoforants POWER SET	X			X	Équipement d'essai de traction POWER SET
Boulons frottants	X		X	X	Équipement d'essai de traction POWER SET
Boulons à câble	X	X	X	X	Voir la section du catalogue « Tendeurs de boulon à câble »
Boulons en PRV	X		X	X	Raccord, barre creuse et écrou

1) Plage de force d'épreuve de 0 à 320 [kN] (de 0 à 72 [kip]) : cylindre à piston creux de type RCH-302 / plage de force d'épreuve 0 - 640 [kN] (0 - 144 [kip]) : cylindre à piston creux de type RCH-603.

2) Trépied ou cylindre support selon le type de cylindre hydraulique.

3) Présentation schématique. Le raccord, la tête de traction, la tige de traction, la rondelle et l'écrou sont adaptés à chaque type d'ancrage et de boulon.

## Références supplémentaires

- Brochures de DSI Underground sur les essais de traction
- Schémas des ensembles de test
- Fiches techniques et procédures opérationnelles
- Les essais de traction ne doivent être effectués que conformément aux présentes instructions et par du personnel qualifié
- DSI Underground dispose d'un personnel technique expérimenté pour la planification, l'exécution et l'analyse des essais de traction



# Équipements de forage de roche

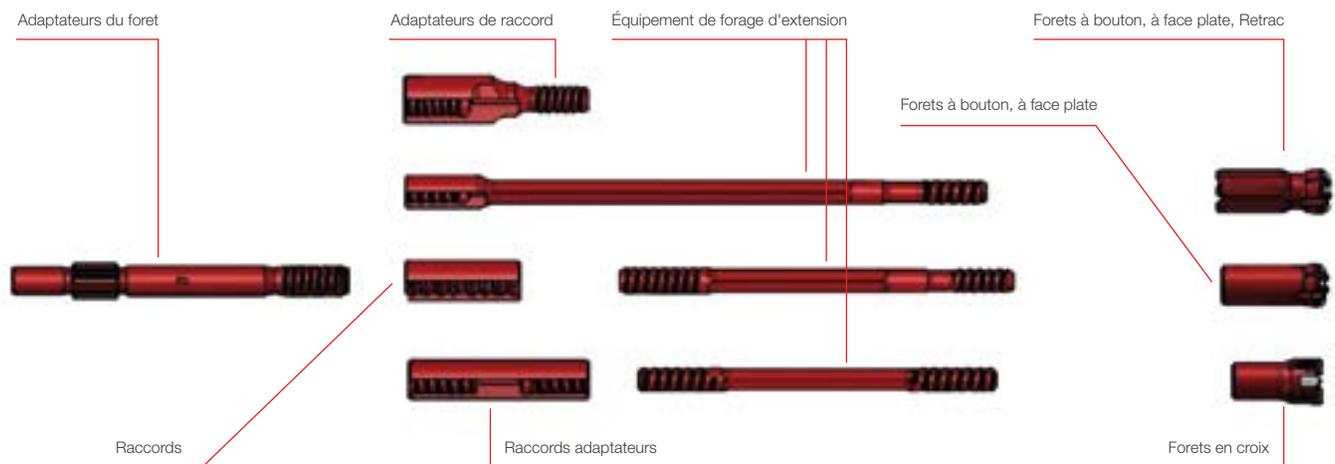
## Domaines d'application

- Forage de surface
- Forage de production
- Forage d'extension
- Forage de terrain non consolidé
- Pré-forage



## Composants du système

- Adaptateurs du foret
- Raccords
- Raccords adaptateurs
- Équipement de forage d'extension
- Adaptateurs de raccord
- Forets
- Forets à face plate ou Retrac
- Forets en croix
- Forets de pré-forage pour le SYSTÈME AT
- Divers adaptateurs et outils de vissage pour boulons
- Forets individuels disponibles sur demande



## Divers

- Treillis
  - Grillage soudé
  - Grillage
  - Brut ou galvanisé
  - Treillis à haute absorption d'énergie pour les terrains sujets aux éboulements
  - Grilles en PVC
  - Fiches techniques locales séparées disponibles
- Indicateurs de charge et de couple
  - Indication fiable d'un boulon correctement installé
  - Assemblage entre l'écrou et la plaque de boulon
  - Disponible pour différents types de boulons
- Centralisateurs
- Barres d'écaillage
- Boulons à œil et suspensions utilitaires
- Écrous à œil et écrous de seuil
- Écarteurs
- Disques de compensation d'angle
- Capuchons de protection
- Outils de vissage, douille de serrage et clés
- Clés de serrage pour tiges de forage
- Systèmes de poutrelles à câbles et à barres
- Adaptateurs de scellement et d'injection
- Systèmes de ventilation : disponible au niveau régional
- Vous trouverez de plus amples informations dans les brochures techniques locales sur les produits



# **Produits chimiques d'injection**



## Contenu

Introduction	127
Domaines d'application	128
Portefeuille complet de solutions	129
Principes de base du scellement	130
Critères de sélection et de conception	133
<b>Résines polyuréthanes (PUR) DSI Inject</b>	<b>136</b>
<b>Résines organominérales à base de silicate (SIL) DSI Inject</b>	<b>138</b>
<b>Résines monocomposant (SCR) DSI Inject</b>	<b>140</b>
<b>Résines acryliques (ACR) DSI Inject</b>	<b>142</b>
<b>Pompes et accessoires</b>	<b>144</b>
<b>Kit d'urgence</b>	<b>146</b>
<b>Forage mécanisé de tunnels</b>	<b>147</b>
<b>Travaux de remblai et de réparation</b>	<b>148</b>
<b>Homologations et autres références</b>	<b>149</b>

## Introduction

La gamme de produits d'injection DSI comprend des résines d'injection utilisées pour des applications souterraines et de génie civil. Les systèmes polyuréthanes à deux composants (PUR) sont les systèmes de résine d'injection les plus polyvalents et sont principalement utilisés pour arrêter les infiltrations d'eau et consolider le sol.

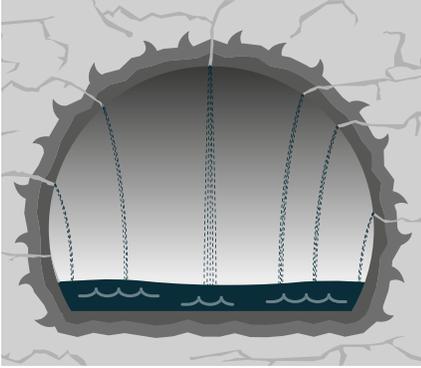
Les systèmes de silicate à 2 composants (SIL) ont un large éventail d'applications et d'excellentes capacités de liaison. Les résines monocomposant (SCR) sont largement utilisées pour les travaux

de réparation à petite échelle, et les résines acryliques (ACR) se sont avérées efficaces pour la consolidation des sols et les rideaux d'étanchéité.

Tous les systèmes d'injection DSI sont traités avec des pompes haute pression à 1 ou 2 composants, adaptées à chaque projet et application. Les systèmes d'injection DSI mélangés et durcis sont approuvés sur le plan écologique, solides (sans CFC ni halogène) et adaptés à une application dans les zones d'eau souterraine.

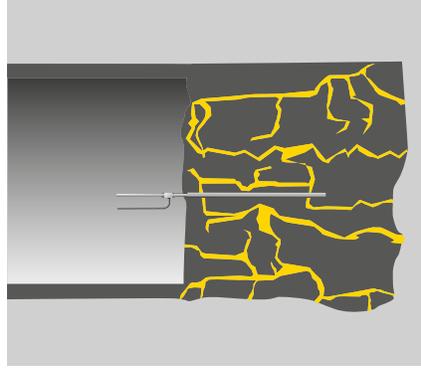


## Domaines d'application



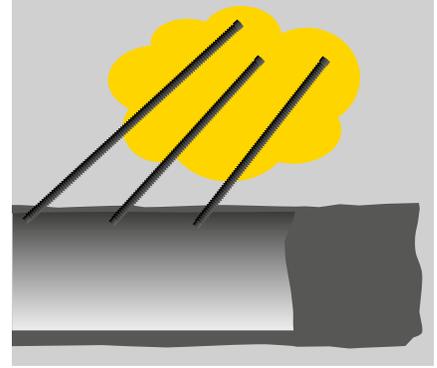
### Scellement

- Infiltration d'eau
  - Temporaire ou permanent
  - Quantité d'eau
- Eau sous pression
  - Temporaire ou permanent
  - Plage de pression
  - Quantité d'eau
- Fuite de gaz
  - Type de gaz
  - Quantité de gaz
  - Voies d'évacuation
- Gamme de produits
  - PUR à prise rapide
  - Mousse PUR
  - SCR
  - Mousse SIL



### Consolidation et stabilisation

- Consolidation
  - Géologie
  - Degré d'amélioration requis
- Stabilisation
  - Géologie
  - Temporaire ou permanent
- Gamme de produits
  - PUR à prise moyenne-lente
  - Mousse PUR
  - SCR
  - SIL
  - Mousse SIL
  - ACR



### Remplissage

- Remplissage de cavités
  - Taille de la cavité
  - Degré d'amélioration requis
- Remblai
  - Largeur de la cavité
  - Présence d'eau
- Gamme de produits
  - Mousse SIL

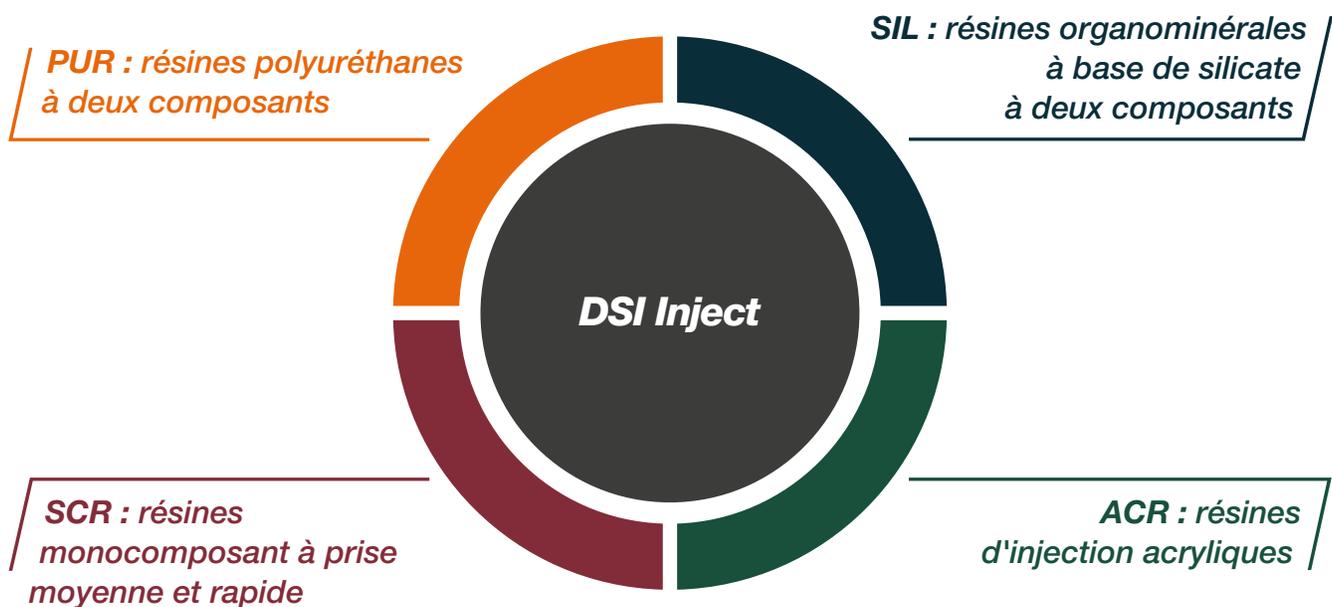


## Portefeuille complet de solutions

Type	Produit Désignation	Application							
		Infiltration d'eau	Infiltration d'eau à haute pression	Scellement (gaz et eau)	Stabilisation du sol	Consolidation du sol	Remplissage de cavité	Remblai	Fixation des boulons
Résines à deux composants									
PUR (2C)	Résines polyuréthanes à prise rapide	+++	+++	+	++	+	----	----	++
	Résines polyuréthanes à prise moyenne et lente	----	----	++	+++	+++	----	----	+
	Résines expansives polyuréthanes à prise rapide	+++	+++	+	++	----	----	----	----
SIL (2C)	Résines à base de silicate organominérales	----	----	++	+++	+++	----	----	+
	Résines de boulonnage (à base de silicate) organominérales <sup>1)</sup>	----	----	+	++	----	----	----	+++
	Résines expansives à base de silicate organominérales	++	----	+	+++	+++	+++	+++	----
Résines monocomposant									
SCR (1C)	Résines polyuréthanes à prise moyenne et lente	+	----	+++	++	+	----	----	----
	Résines polyuréthanes à prise lente	----	----	+	++	++	----	----	----
Résines acryliques									
ACR	Résines acryliques	----	----	----	+++	+++	----	----	----
	Résines acryliques en gel	----	----	+++	++	+	----	----	----

1) Voir la section « Mineral Bolt » du catalogue.

« + » : recommandées, « - » : non recommandées.



# Principes de base du scellement

## Étape 1 : identification de l'application

- Scellement
- Consolidation et stabilisation
- Remplissage

## Étape 2 : choix du matériau de scellement

### Trois types de matériaux de scellement couramment utilisés :

- Suspension
  - Eau + ciment (p. ex. microciments, ciments ultrafins, etc.)
  - Eau + ciment + remplisseur (p. ex. sable, cendres volantes, etc.)
- Solution
  - Produits chimiques dilués dans de l'eau (p. ex. silicate de sodium + durcisseurs)
  - Polyuréthanes (p. ex. 1C monocomposant, 2C à deux composants)
  - Acrylates
- Émulsion
  - Silicates

## Étape 3 : déclaration de méthode

- Experts qualifiés et expérimentés
- Détermination claire de la situation sur le terrain
- Type de résine d'injection
- Propriétés des matériaux avec profil de réaction
- Équipe chargée de l'application
- Équipement

## Étape 4 : application et vérification

- Mise en œuvre conformément à la déclaration de la méthode
- Suivi continu des données
- Attention aux critères d'arrêt prédéfinis
- Évaluation qualitative et quantitative des résultats de l'injection
- Détermination d'étapes supplémentaires, le cas échéant



### Limites de l'application des coulis à base de ciment

- Dilution en général
- Pénétration partielle
- Grandes ouvertures
- Plage de perméabilité inférieure à  $10^{-6}$  [m/s]
- Basses températures

### Gamme d'applications pour les résines d'injection

Les résines polymères doivent être utilisées si au moins l'un des critères suivants s'applique :

- Discontinuités
  - Joints ou cavernes de grande taille
- Perméabilité et conductivité hydraulique
  - Lugeon < 15-20
  - Perméabilité <  $10^{-6}$  [m/s]
- Eau souterraine
  - Rapidité > 20 [mm/s]
- Température de l'eau et du sol
  - En dessous de 3-5 [°C]



## Compétence en matière d'application

### Perméabilité du sol et de la masse rocheuse fissurée

Capacité de pénétration							
Type de sol							
Gravier	Sable			Limon	Argile		
	Grossier	Moyen	Fin				
Taille des grains [ $\mu\text{m}$ ]							
100 000	2 000	500	250	75	5		
Largeur de la fissure [mm]							
10	5	1	0,5	0,1	0,05		
Perméabilité [m/s]							
$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$
Matériau de scellement							
Suspensions à base de ciment							
Solutions chimiques							
Résines d'injection à base de polymère							

### Déclaration de méthode

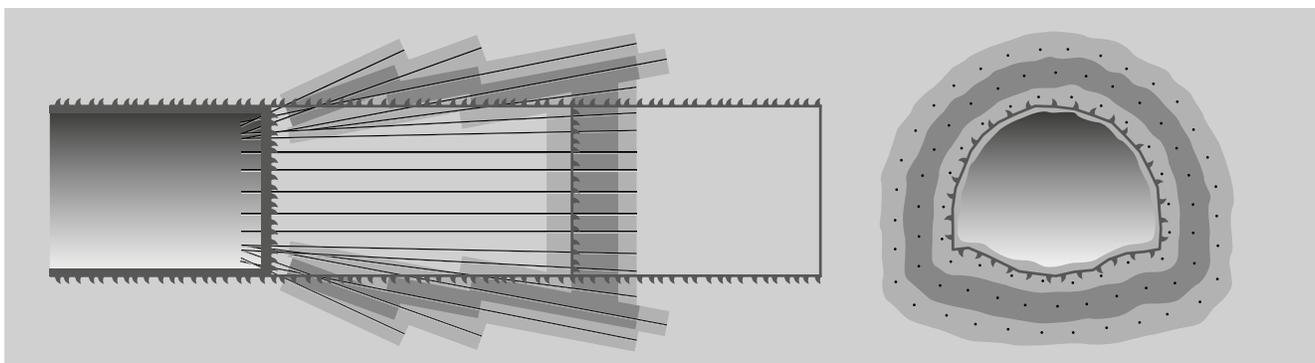
Contrairement à la conception des éléments de soutènement du sol, l'application de produits chimiques d'injection peut rarement être planifiée à l'avance.

Certaines applications par défaut pour lesquelles l'accès au futur site d'application, les dimensions de l'excavation et d'autres facteurs d'influence (remplissage des cavités identifiées ou scellement de revêtements segmentaires) sont connus, peuvent être programmées et préparées à l'avance.

Dans chaque construction souterraine, les inconnues sont les conditions imprévisibles du sol et des eaux souterraines, qui peuvent conduire à une situation d'application dite d'urgence. Dans le cas d'une application d'urgence, il faut élaborer des déclarations de méthode spécifiques au projet pour surmonter les conditions difficiles.

Les facteurs influençant la conception comprennent l'envergure (la taille) de la zone d'application, les conditions du sol sous-jacent, la température, le débit d'eau et la pression.

L'acquisition de données et une bonne approche de sondage sont essentielles pour obtenir des informations supplémentaires en vue de la préparation d'une déclaration de méthode d'urgence.



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits



## **Technologie**

Au cours des dernières décennies, les produits chimiques d'injection pour les applications souterraines et de génie civil ont connu un développement et une amélioration considérables.

La diversification du portefeuille grâce au développement de nouveaux produits et systèmes optimisés pour des applications d'injection spécifiques a joué un rôle clé.

La gamme des résines d'injection d'aujourd'hui présente également des caractéristiques de performance améliorées, grâce à des avancées dans le domaine des matières premières et des composés chimiques.

Outre l'amélioration du mode d'action, les résines d'injection de pointe se caractérisent par une réduction significative de leur impact environnemental, par exemple en termes de compatibilité avec les eaux souterraines.

Outre l'amélioration des produits chimiques d'injection, tous les éléments du processus ne cessent d'être perfectionnés. Les flexibles, les raccords et les vannes ont été optimisés et des éléments de mélange sur mesure garantissent une bonne interaction entre les différents composants. Des procédures de manipulation normalisées garantissent un processus de travail sûr et fiable.

## **Équipement et accessoires**

- Conception et dimensionnement spécifiques au cas
- Fourniture de solutions globales
- Large gamme d'accessoires pour boîtes à outils



# Critères de sélection et de conception

## Propriétés du produit

### Introduction

Plusieurs paramètres sont utilisés pour décrire les propriétés et évaluer l'adéquation des résines d'injection en termes d'application. Ces paramètres comprennent la réactivité, la viscosité, le temps de réaction, les propriétés

mécaniques, l'adhérence, la capacité à mousser et la miscibilité avec l'eau, pour ne citer que les plus importants. Ils déterminent le champ d'application d'un certain système de résine et, plus important encore, le succès de

l'application. Il ne fait aucun doute qu'une analyse détaillée des paramètres doit faire partie intégrante de chaque étude de cas afin d'atteindre l'objectif visé par l'application, à savoir l'étanchéité, la consolidation, le remplissage ou la liaison.

### Temps de prise

Le temps de prise est le paramètre du système qui indique la réactivité du matériau, c'est-à-dire le moment où le liquide de réaction cesse de s'écouler. Après cette période, le matériau commence à prendre, c'est-à-dire que le processus de durcissement démarre.

Le temps de prise peut varier de quelques secondes à quelques heures. Dans la pratique, les systèmes sont divisés en trois catégories : à prise rapide, moyenne ou lente. Le temps de prise affecte principalement la pénétrabilité du sol et la capacité d'arrêter l'entrée ou la sortie d'eau.

Un autre terme couramment utilisé est le temps de séchage, qui définit le moment où la surface de la résine qui réagit ne colle plus.

### Viscosité

La viscosité est l'un des paramètres physiques qui caractérisent à la fois les composants individuels et le mélange réactionnel. Plus la viscosité des composants est élevée, plus la résistance à l'écoulement est importante. Ce facteur est donc important lorsqu'il

s'agit de choisir les bonnes pompes et les bons accessoires de pompage en fonction de la pression de pompage.

Il existe une corrélation directe entre la viscosité, la pression de pompage et le volume de pompage.

La viscosité est également un paramètre important en ce qui concerne la relation entre la taille de la fissure, la pression de pompage et la distance de pénétration.

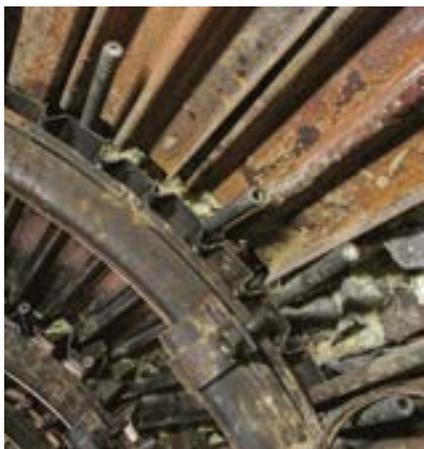
### Thixotropie

La thixotropie décrit un fluide qui peut être épais ou visqueux dans des conditions statiques et qui s'écoule ou devient moins visqueux lorsqu'il est soumis à un cisaillement ou lorsqu'il est mélangé. Le comportement pseudo-plastique est un cas spécifique de thixotropie, où le liquide retrouve une viscosité élevée presque immédiatement lorsque la force de cisaillement est réduite.

Un comportement pseudo-thixotrope du matériau liquide peut également être caractérisé par le contrôle spécifique de la réaction lorsque la gélification est bien séparée du processus de solidification.

L'autre rôle important de la thixotropie est la pulvérisation de surface (revêtements et membranes).

Un comportement thixotrope est nécessaire dans toute application en hauteur pour empêcher l'écoulement du matériau pendant et après le scellement.





### **Propriétés moussantes**

Pour les résines polyuréthanes et à base de silicate, la capacité à mousser est la caractéristique essentielle du système d'injection.

Afin d'obtenir une mousse à cellules ouvertes ou fermées, des formulations

spécifiques permettent de contrôler le facteur moussant et la structure cellulaire de la mousse. Les principes de base suivants s'appliquent : plus le facteur de moussage est élevé, plus les propriétés mécaniques et le coût de remplissage par unité de volume sont faibles.

Plus la teneur en cellules fermées est élevée, meilleure est l'étanchéité de la mousse.

Les mousses à cellules ouvertes sont principalement utilisées pour des applications temporaires.

### **Réactivité à l'eau**

La présence d'eau dans la zone d'application affecte toujours l'efficacité. Il convient de tenir compte de la présence d'eau à divers égards au cours du processus de sélection des matériaux :

- Réactivité chimique avec les composants
- Modification physique du matériau
- Température de l'eau
- Entrée ou sortie d'eau
- Pression de l'eau

### **Mélange de composants**

La majorité des matériaux couramment utilisés sont des systèmes à deux composants. Pour obtenir le produit final, les composants doivent être pompés vers la zone d'application, où les différents composants doivent être mélangés. L'efficacité du mélange des composants

détermine les propriétés finales des matériaux et les paramètres de réaction. Le processus de mélange a lieu pendant l'écoulement à travers un élément de mélange statique. La conception des mélangeurs statiques peut varier en fonction des composants de la résine.

Par conséquent, cet élément est soigneusement sélectionné et vérifié par le développeur du matériau. L'utilisateur final doit respecter les indications du fabricant de produits chimiques d'injection.

## Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques sont des caractéristiques distinctes des matériaux d'injection, p. ex. la force de compression, la résistance à la flexion ou la résistance à la traction. Les matériaux compacts ou peu moussants

sont nettement plus résistants que les matériaux expansés. Lorsque le facteur de moussage augmente, la force de compression diminue en conséquence.

Si le but de l'injection est le renforcement de la zone d'injection (toit, nervures, dalles, structure en béton ou de maçonnerie), les paramètres mécaniques sont les plus importants.

## Adhérence au substrat

L'adhérence est également un facteur déterminant pour les travaux de consolidation/stabilisation du sol et pour l'application en surface.

Elle permet d'améliorer considérablement le résultat de l'application. L'amélioration du sol, la consolidation et l'ancrage en

sont de bons exemples. Dans tous les cas, l'adhérence accroît les propriétés techniques.

## Gamme d'applications

Une fois que l'application (ou les applications multiples) d'un projet d'injection est définie, la sélection du type de résine approprié (ou de plusieurs) pour une application donnée est la clé. Les résines SCR sont utilisées pour des travaux d'injection à petite échelle dans des conditions gérables. Les résines d'injection PUR

et SIL à 2 composants conviennent à une grande variété d'applications. DSI Underground propose différentes caractéristiques de produits pour garantir un résultat d'injection optimal.

Dans le cadre du forage mécanisé de tunnels, les résines d'injection de type SIL ou ACR sont les mieux adaptées

en raison de leurs caractéristiques lors de l'enlèvement mécanique ou des excavations temporaires.

Il est possible d'effectuer une première estimation de la gamme de produits à utiliser en se basant sur les conditions de pression de l'eau et l'envergure des fractures du sol.

## Gamme d'applications des résines d'injection

Produit	Version résine	Présence d'eau				Envergure de la fracture du sol				
		Sec	Humide	Mouillé	Sous pression	Largeur de la fissure [mm]				
						0,05	0,1	0,5	5	10
PUR (2C)	S	■					■			
	WF	■						■		
	WT	■						■		
	S	■					■			
	LV	■					■			
	HF		■					■		
SCR (1C)	1C-50	■					■			
	1C-100		■				■			
	1C-400		■				■			
SIL (2C)	Bond	■					■			
	Bond T	■					■			
	Fill	■						■		
ACR	SR	■					■			
	E		■				■			

## Abréviations

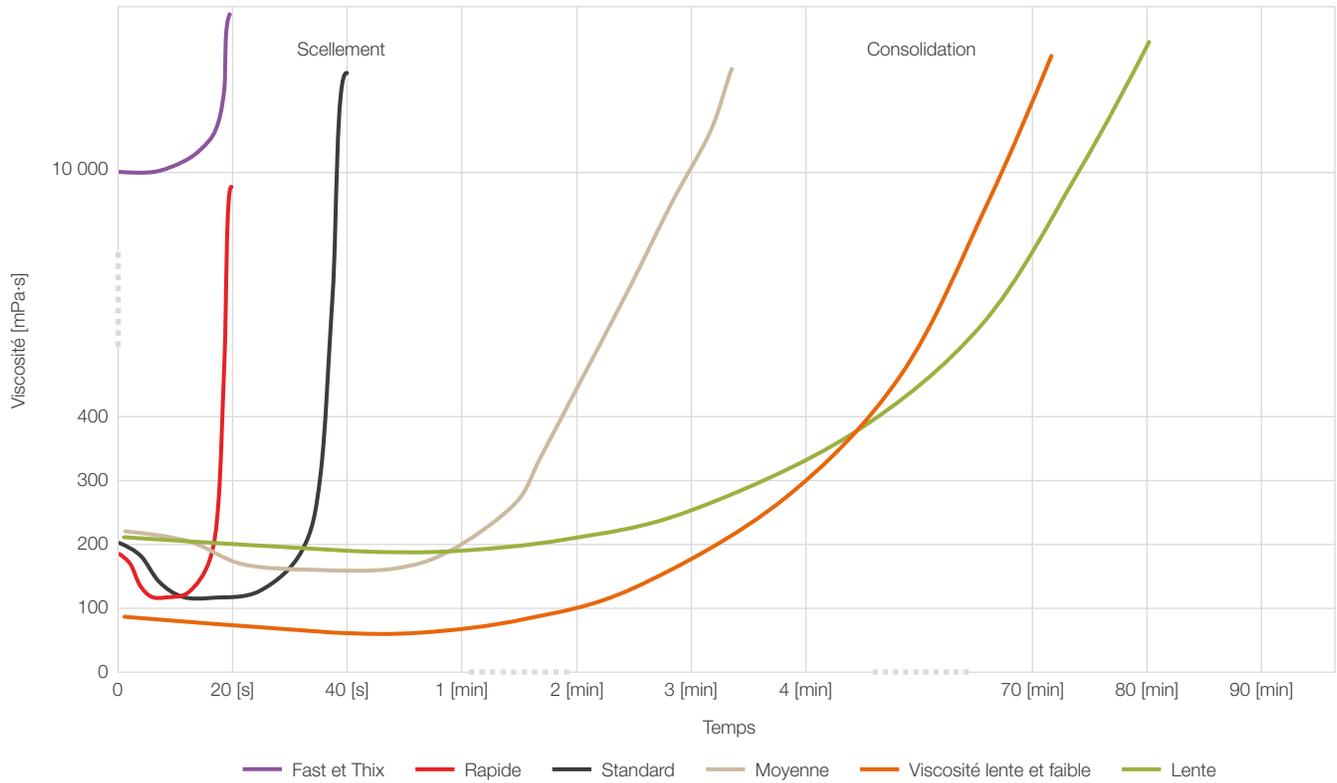
<b>W</b> Water (Eau)	<b>F</b> Fast (Rapide)	<b>HA</b> Haute adhérence	<b>SR</b> Semi-rigide
<b>SCR / 1C</b> Monocomposant	<b>S</b> Slow (lente)	<b>HF</b> High Foaming (très moussante)	<b>E</b> Élastique
<b>LV</b> Low Viscosity (Faible viscosité)	<b>T</b> Thixotropie	<b>HS</b> High Strength (haute résistance)	

# Résines polyuréthanes (PUR) DSI Inject

## Gamme de produits

Désignation du produit	Nom du produit	Description du produit
Résines polyuréthanes à prise rapide	PUR W	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine à prise rapide</li> <li>- Système 100 % solide (sans solvant)</li> <li>- Viscosité des composants bien équilibrée et ajustée</li> <li>- Faible viscosité initiale après mélange</li> <li>- Mélange facile à différentes températures</li> <li>- Excellentes propriétés mécaniques</li> <li>- Bonne adhérence au substrat dans des conditions humides et sèches</li> <li>- Impact environnemental minime</li> </ul>
	PUR WF	- Version plus rapide de PUR W
	PUR WT	- Version thixotrope de PUR W
	PUR HS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine à prise très rapide</li> <li>- Système 100 % solide (sans solvant)</li> <li>- Viscosité des composants bien équilibrée et ajustée</li> <li>- Excellentes propriétés mécaniques améliorées</li> <li>- Bonne adhérence au substrat dans des conditions humides et sèches</li> </ul>
Résines polyuréthanes à prise moyenne et lente	PUR HA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine à prise moyenne</li> <li>- Système 100 % solide (sans solvant)</li> <li>- Viscosité des composants bien équilibrée et ajustée</li> <li>- Mélange facile à différentes températures</li> <li>- Bonnes propriétés mécaniques</li> <li>- Bonne adhérence au substrat dans des conditions humides et sèches</li> <li>- Bonne capacité d'écoulement de la résine</li> </ul>
	PUR S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine à prise très lente</li> <li>- Système 100 % solide (sans solvant)</li> <li>- Viscosité des composants bien équilibrée et ajustée</li> <li>- Faible viscosité initiale après mélange</li> <li>- Mélange facile à différentes températures</li> <li>- Excellentes propriétés mécaniques</li> <li>- Bonne adhérence au substrat dans des conditions humides et sèches</li> <li>- Impact environnemental minime</li> </ul>
	PUR LV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine à prise très lente</li> <li>- Viscosité des composants bien équilibrée et ajustée</li> <li>- Viscosité initiale extrêmement faible</li> <li>- Mélange facile à différentes températures</li> <li>- Bonne adhérence au substrat dans des conditions humides et sèches</li> </ul>
Résines expansées polyuréthanes à prise rapide	PUR HF-10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine à prise rapide</li> <li>- Système 100 % solide (sans solvant)</li> <li>- Mélange facile à différentes températures</li> <li>- Bonne adhérence au substrat dans des conditions humides et sèches</li> </ul>
	PUR HF-15	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impact environnemental minime</li> <li>- Système moussant puissant</li> </ul>
Accélérateur (modificateur) pour des résines polyuréthanes à deux composants	Add Fast	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Additif pour résine polyuréthane à deux composants</li> <li>- À utiliser lorsqu'une réaction plus rapide est nécessaire en raison d'une forte infiltration d'eau ou de conditions de basse température</li> </ul>
	Add Thix	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Additif pour résine polyuréthane à deux composants</li> <li>- Augmente la viscosité initiale après mélange, ce qui peut être utile pour réduire les fuites de résine dans les sols fortement fracturés ou en cas d'infiltration massive d'eau</li> </ul>

## Propriétés : viscosité et temps de prise



## Spécifications

Produit	Propriétés/unité <sup>1)</sup>			
	Viscosité après mélange	Temps de réaction	Temps de séchage	Facteur mousse
[-]	[mPa.s] / [cP]	[s]	[s]	[1]
PUR W	210	5	35	≈ 1
PUR WF	210	5	25	≈ 1
PUR WT	> 5 000	5	35	≈ 1
PUR HS	360	5	25	≈ 1
PUR HA	450	25	75	≈ 2
PUR S	210	240	4 800	≈ 1
PUR LV	100	5	4 200	≈ 1
PUR HF-10	460	35	90	≈ 10
PUR HF-15	510	20	135	≈ 15

1) Les valeurs indiquées sont des valeurs de laboratoire et peuvent varier d'un site à l'autre. 20 [°C] (68 [°F]). À conserver dans l'emballage d'origine, à l'abri de l'humidité et à des températures comprises entre 5 [°C] et 30 [°C] (41 [°F] et 86 [°F]). Les données relatives au dosage des accélérateurs (modificateurs) ainsi que les autres rapports de mélange et les informations pertinentes pour l'application peuvent être trouvés dans les fiches techniques de DSI Underground.

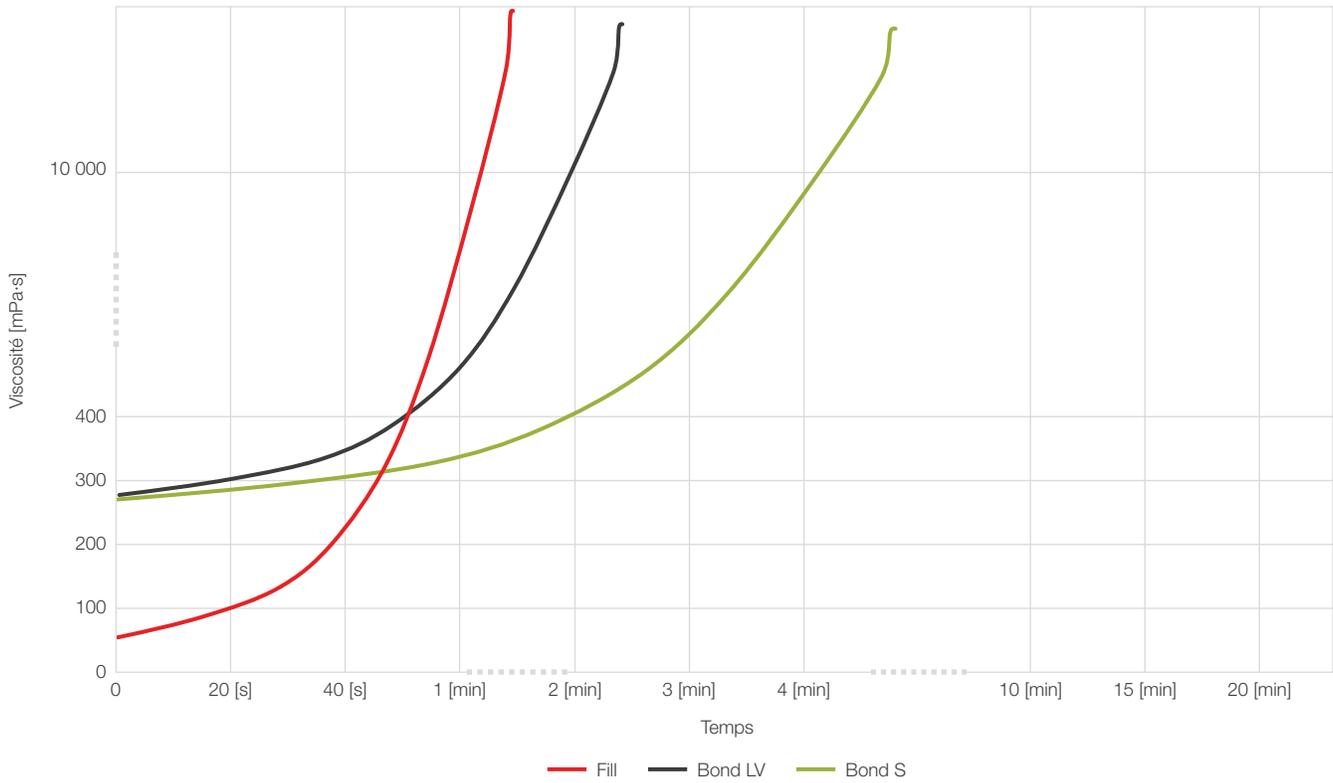
# Résines organominérales à base de silicate (SIL) DSI Inject



## Gamme de produits

Désignation du produit	Nom du produit	Description du produit
Résines organominérales à base de silicate	Bond LV	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Résine à prise moyenne</li> <li>– Faible viscosité des composants</li> <li>– Viscosité initiale relativement faible après mélange</li> <li>– Bonnes propriétés mécaniques</li> <li>– Très bonne adhérence au substrat dans des conditions humides et sèches</li> <li>– Ne réagit pas avec l'eau et l'eau n'affecte pas les propriétés du matériau</li> <li>– Excellente protection contre la corrosion</li> </ul>
	Bond S	– Version plus lente de Bond LV
	Bond T	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Version thixotrope de Bond LV</li> <li>– Système à viscosité initiale accrue après mélange</li> <li>– Excellente pour les applications dans les sols fortement fracturés</li> </ul>
Résines expansées organominérales à base de silicate	Fill	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Résine d'injection hautement moussante</li> <li>– Très faible viscosité des composants</li> <li>– Très faible viscosité initiale après mélange</li> <li>– La résine durcie est facile à couper et à forer</li> <li>– Ne réagit pas avec l'eau et l'eau n'affecte pas les propriétés du matériau</li> <li>– Excellente protection contre la corrosion</li> </ul>
	Fill S	– Version plus lente de Fill

## Propriétés : viscosité et temps de prise



## Spécifications

Produit	Propriétés/unité <sup>1)</sup>			
	Viscosité après mélange	Temps de réaction	Temps de séchage	Facteur mousse
[-]	[mPa·s] / [cP]	[s]	[s]	[1]
Bond LV	300	120	180	1,0
Bond S	300	240	400	1,0
Bond T	450 - 10 000	120	180	1,0
Fill	75	15	45	30 - 40
Fill S	75	40	135	30 - 40

1) Les valeurs indiquées sont des valeurs de laboratoire et peuvent varier d'un site à l'autre. 20 [°C] (68 [°F]). À conserver dans l'emballage d'origine, à l'abri de l'humidité et à des températures comprises entre 5 [°C] et 30 [°C] (41 [°F] et 86 [°F]). Les données relatives aux autres rapports de mélange et les informations pertinentes pour l'application figurent dans les fiches techniques de DSI Underground.

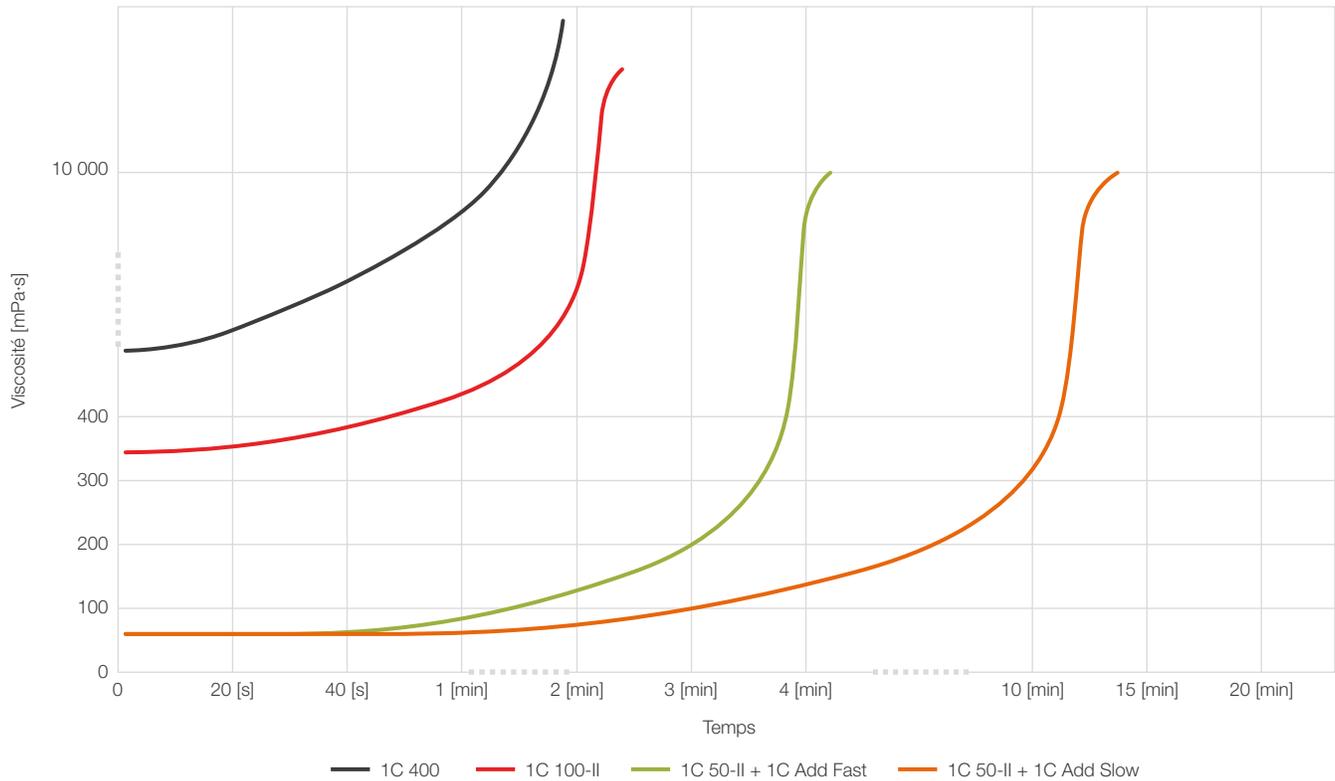
# Résines monocomposant (SCR) DSI Inject



## Gamme de produits

Désignation du produit	Nom du produit	Description du produit
Résines monocomposant (SCR)	Général	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systèmes 100 % solides – sans solvant</li> <li>- Résine à prise lente ou rapide avec temps de réaction réglable</li> <li>- Sans phtalates</li> <li>- Bonnes propriétés mécaniques du sol consolidé</li> <li>- Impact environnemental minime</li> </ul>
	PUR 1C 50-II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine à prise lente</li> <li>- Viscosité initiale très faible</li> <li>- Produit conçu pour les injections de sable fin</li> </ul>
	PUR 1C 100-II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine rigide et à prise moyenne</li> <li>- Le temps de prise peut être augmenté à l'aide d'1C Add Fast</li> <li>- Peut être utilisée dans une large plage de températures</li> <li>- Impact environnemental minime</li> </ul>
	PUR 1C 400	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résine élastique à prise moyenne</li> <li>- Le temps de prise peut être augmenté à l'aide d'1C Add Fast</li> <li>- Impact environnemental minime</li> </ul>
Accélérateur pour résines monocomposant	1C Add Fast 1C Add Slow	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Additif pour résines polyuréthanes monocomposant</li> <li>- Utilisé lorsque des réactions plus rapides ou plus lentes sont nécessaires pour faire face à une forte infiltration d'eau ou à des conditions de basse température</li> </ul>

## Propriétés : viscosité et temps de prise



## Comparaison des résines monocomposant et à deux composants

- Application plus facile des systèmes SCR
- Aucun mélangeur statique nécessaire
- Procédure de nettoyage plus rapide et plus simple
- Nouveau système SCR présenté par DSI Underground
- Accélérateur intégré spécial, adapté aux exigences du projet, disponible sur demande
- Limites des systèmes SCR
  - Taux de pompage généralement plus bas [L/min]
  - Les systèmes 2-C sont plus flexibles en ce qui concerne les paramètres des matériaux et les applications potentielles, et présentent des propriétés de matériaux améliorées

## Spécifications

Produit	Propriétés/unité <sup>1)</sup>				
	Temps de réaction [s]		Fin du moussage [s]		Facteur mousse
[-]	10 [°C] / 50 [°F]	20 [°C] / 68 [°F]	10 [°C] / 50 [°F]	20 [°C] / 68 [°F]	
PUR 1C 50-II <sup>2)</sup>	80	55	350	180	≈ 5
PUR 1C 100-II <sup>2)</sup>	45	13	230	150	≈ 35
PUR 1C 400	55	20	300	160	≈ 20

1) Les valeurs indiquées sont des valeurs de laboratoire et peuvent varier d'un site à l'autre. À conserver dans l'emballage d'origine, à l'abri de l'humidité et à des températures comprises entre 5 [°C] et 30 [°C] (41 [°F] et 86 [°F]). Les données relatives au dosage des accélérateurs (modificateurs) ainsi que les autres rapports de mélange et les informations pertinentes pour l'application peuvent être trouvés dans les fiches techniques de DSI Underground.

2) Temps de réaction avec 0,5 % d'Add Fast 1C.

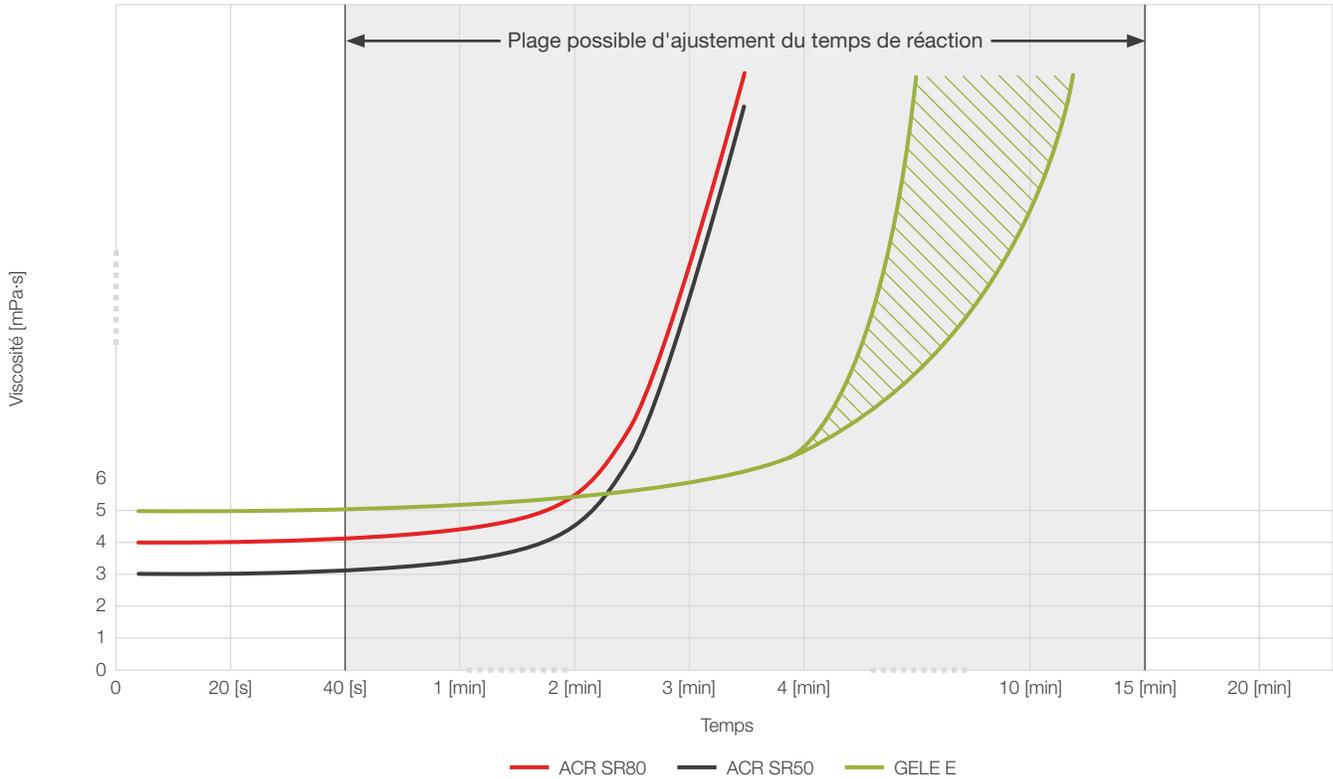
# Résines acryliques (ACR) DSI Inject



## Gamme de produits

Désignation du produit	Nom du produit	Description du produit
Résines d'injection acryliques	Général	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solutions aqueuses de monomères acryliques à faible viscosité</li> <li>- Viscosité initiale extrêmement faible des composants mélangés</li> <li>- Mélange facile à différentes températures</li> <li>- Impact environnemental minime</li> <li>- Excellente pénétration et bonne adhérence</li> </ul>
	ACR SR 80	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système à 4 composants</li> <li>- Résine à haute résistance avec gélification facilement contrôlée</li> <li>- Excellentes propriétés mécaniques et système rigide</li> <li>- Adaptée à l'injection de sables fins</li> </ul>
	ACR SR 50	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système à 3 composants</li> <li>- Résistance moyenne avec une gélification facilement contrôlable</li> <li>- Excellentes propriétés mécaniques et système rigide</li> <li>- Adaptée à l'injection de sables fins</li> </ul>
	GELE E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système à 3 composants</li> <li>- Résine acrylique de type caoutchouc</li> <li>- Convient à la stabilisation du sol et à l'étanchéité</li> </ul>

## Propriétés : viscosité et temps de prise



### Caractéristiques spéciales

- Gel d'injection polyacrylate à 3 composants
- Étanchéité efficace aux eaux souterraines
- « Rideau d'étanchéité » : arrêt de l'eau par la formation d'une couche imperméable de produit d'étanchéité dans le sol (plusieurs étapes)
- Volume de mousse constant avec facteur 1

### Spécifications

Produit	Propriétés/unité <sup>1)</sup>				
	Viscosité après mélange	Temps de réaction <sup>2)</sup>	Rapport de mélange : parts par volume	Facteur mousse	Force de compression <sup>3)</sup>
[-]	[mPa·s] / [cP]	[s]	[-]	[1]	[MPa] / [ksi]
ACR SR 80	4	30 - 360	1 : 1	1	≈ 20 / ≈ 2,90
ACR SR 50	3	60 - 300	1 : 1	1	≈ 10 / ≈ 1,45
GELE E <sup>4)</sup>	4-6	240 - 720	1 : 1	1	N/A

1) Les valeurs indiquées sont des valeurs de laboratoire et peuvent varier d'un site à l'autre. À conserver dans l'emballage d'origine, à l'abri de l'humidité et à des températures comprises entre 5 [°C] et 30 [°C] (41 [°F] et 86 [°F]). Les données relatives aux autres rapports de mélange et les informations pertinentes pour l'application figurent dans les fiches techniques de DSI Underground.

2) Début de gélification.

3) Avec du sable.

4) Agent de durcissement : de 0,5 % à 5,0 %.

# Pompes et accessoires

## Pompes

Le choix d'une pompe à haute pression appropriée dépend du type d'application, de l'infrastructure disponible et des conditions du sol. La disponibilité des équipements

existants peut également influencer le choix de l'équipement. DSI Underground propose une vaste gamme de pompes haute pression pour les applications souterraines et de génie civil.

Vous trouverez plus de détails dans les fiches techniques séparées.

### Pompe à piston haute pression 2 composants DSI Inject

- Pompe à piston pneumatique actionnée par un vilebrequin
- Rapport de mélange 1:1 pour les systèmes DSI Inject PUR et SIL
- Apport indépendant des deux composants
- Conception robuste et peu vulnérable aux dommages
- Fonctionnement et manipulation aisés
- Pièces détachées et kit de démarrage disponibles
- Fiche technique et manuel d'utilisation disponibles sur demande



### Pompe haute pression monocomposant DSI Inject

- Agrégat de petite taille et léger
- Versions électriques ou pneumatiques disponibles
- Différentes versions pour des plages de pression d'injection plus ou moins élevées
- Facilité de nettoyage et d'entretien



### Pompe GEL haute pression 2 composants DSI Inject

- Conception robuste et peu vulnérable aux dommages
- Pompe de rinçage supplémentaire pour un nettoyage facile
- Haute performance
- Pompe en acier inoxydable présentant une résistance suprême à la corrosion
- Pompe à double piston, à entraînement pneumatique
- Apport indépendant des deux composants



### Pompe à engrenages haute pression 2 composants DSI Inject

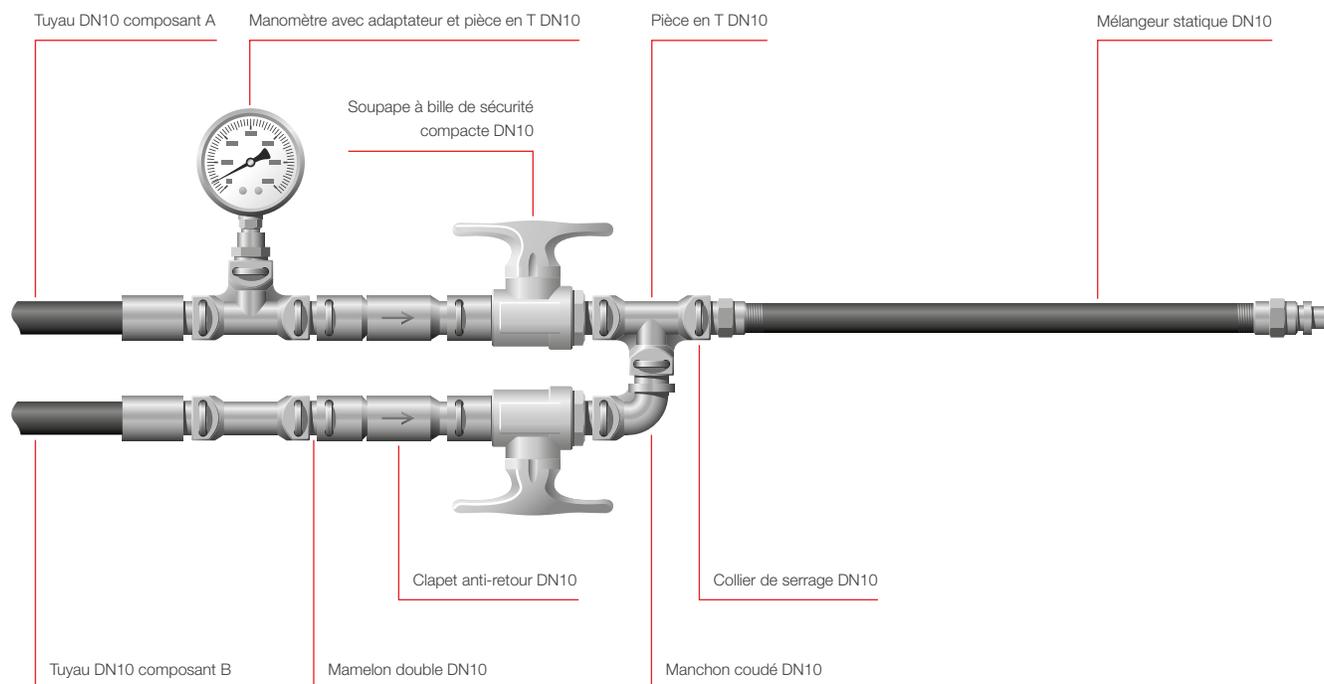
- Rapport de mélange réglable
- Rendement élevé
- Agrégat fiable et durable pour une application à long terme
- Entraînement électrique

## Accessoires

- Tubes de mélange et mélangeurs statiques
- Raccords
  - Adaptateurs d'injection pour système de barre creuse DSI et barres creuses en PRV
  - Connecteurs rapides (boulons à câble)
- Manchons à visser
- Système de barre creuse DSI et lances d'injection de barre creuse en PRV
- Lances d'injection en acier et en plastique
- Garnitures d'étanchéité profondes



## Unité de mélange 1:1 (exemple)



# **Kit d'urgence**

## **Types de kits d'urgence**

- Préparé à l'avance pour les applications standard
- Solution de système juste-à-temps : permet de ne pas perdre de temps précieux pour la construction

## **DSI Underground : une solution à tous vos problèmes**

- Interlocuteur unique : tout le matériel à partir d'une seule source
- Réaction rapide : stock de matériel d'urgence et expérience de la logistique mondiale
- Soutien à toutes les phases du projet : évaluation initiale, déclaration de méthode, fourniture de matériel, application sur site, etc.



## **Kits d'urgence personnalisés pour le forage de tunnels conventionnel et mécanisé**

- Conteneur GP de 10 [ft] (3 m) ou 20 [ft] (6 m)
- Matériaux : acier et consommables chimiques
- Équipement : pompes d'injection, etc.
- Assistance mondiale par les centres de compétences DSI Underground



# Forage mécanisé de tunnels

## Mesures d'urgence en cas de conditions de sol difficiles

### Facteurs d'influence

- Infiltration d'eau
- Instabilités en amont du front de taille
- Surexcavation géologique ou cavités

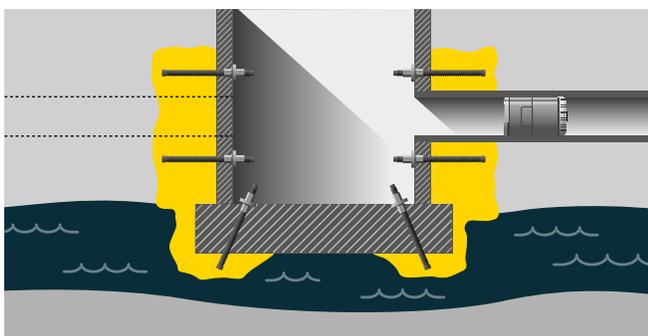
### Limites

- Accès à la roue de coupe et à la zone du bouclier
- Retard dans l'installation du soutènement du sol
- Géométrie de l'excavation définie par la machine

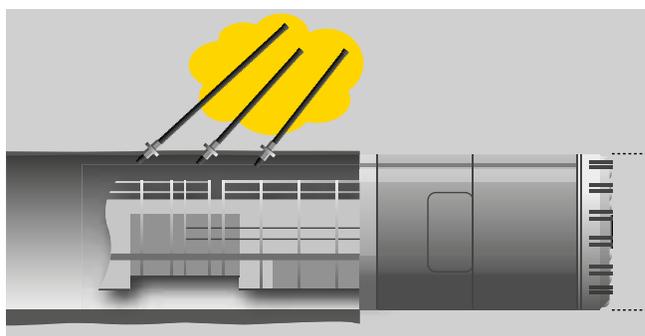
### Conditions limites

- Application
- Type et géométrie du tunnelier (TBM)
- Équipements de forage

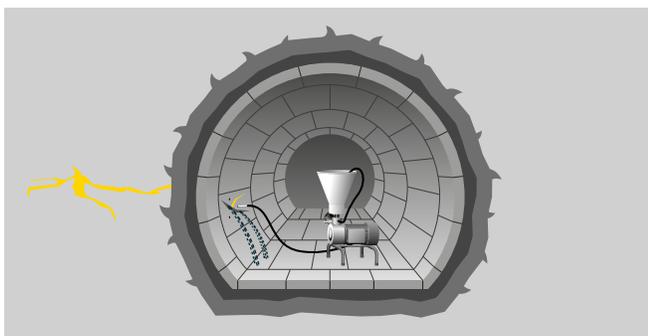
### Réduction des infiltrations d'eau



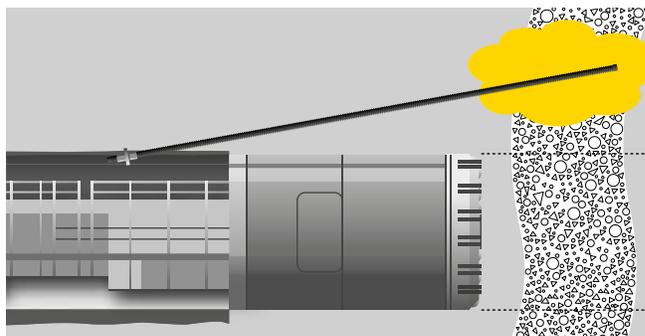
### Comblement et consolidation des cavités



### Injections de scellement

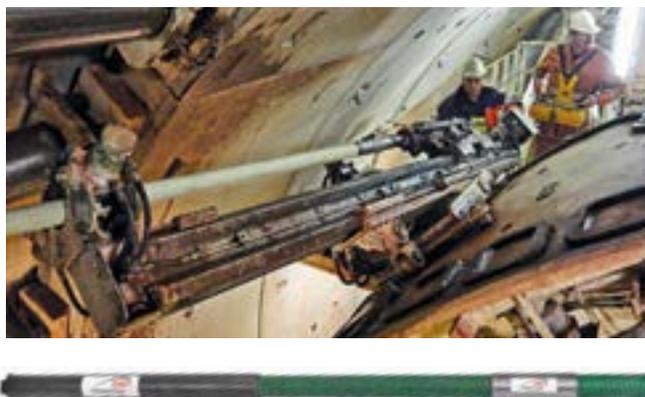


### Injection pour voûte parapluie



## Système de tubes AT – 89 TBM pour voûte parapluie

- Installation avec des forets de fixation
- Les travaux de forage peuvent être exécutés par du personnel standard sous la supervision d'ingénieurs d'application
- Installation rapide grâce au forage et au tubage simultanés (autoforage)
- Installation à l'aide d'un obturateur possible
- La longueur des tubes en PRV ou en acier peut être adaptée à l'espace disponible
- Les tubes d'injection en PRV peuvent être coupés par un bouclier et évacués par une roue de coupe d'un tunnelier
- Stabilisation des sols fracturés ou des zones de faille
- Prévention des infiltrations d'eau



# Travaux de remblai et de réparation

## Remblai

- Remplissage des espaces annulaires entre la surface de l'excavation et le revêtement segmentaire
- Limitation du lessivage des matériaux du sol
- Réaction et durcissement rapides
- Garantie d'une stabilité durable
- Effet de scellement secondaire



## Travaux de réparation

- Scellement des tunnels (revêtement primaire)
- Réparation de scellement en béton projeté et en béton
- Réparation du système d'étanchéité (tubes d'injection ou garnitures d'étanchéité forées)
- Systèmes par défaut : SCR ou PUR à prise lente
- Des tests de vieillissement prouvent la durabilité de la résine DSI Inject durcie



# Homologations et autres références

## Homologations

### Procédures d'essai

- Propriétés mécaniques
- Température de réaction
- Tests de filtre auto-sauveteur
- Évaluation des conditions d'hygiène
- Compatibilité avec les eaux souterraines
- Essais de résistance au feu
- Durabilité à long terme

### Homologations

- Les homologations spécifiques aux produits sont énumérées dans les fiches techniques de DSI Underground

### Partenaires de coopération

- MFFA Leipzig GmbH, Allemagne
- DMT GmbH, Allemagne
- Central Mining Institute, Pologne
- Hygiene Institute Gelsenkirchen, Allemagne



## Emballage

- Approvisionnement en matériaux dans des cuves IBC pour des applications à grande échelle
- Barils en acier : 200 [kg] (441 [lbs])
- Emballage par défaut : bidons en PVC ou boîtes en acier



## Références supplémentaires

- Fiches de données de sécurité
- Fiches techniques
- Instructions pour le mélange et le traitement, le nettoyage et l'élimination, la santé et la sécurité



# *Pré-soutènement et assèchement*



## Contenu

Introduction	151
Domaines d'application	152
Effets de soutènement	154
Systèmes d'assèchement par forage	158
<b>Pointes</b>	<b>166</b>
Barres creuses	160
AT – TUBESPILE™	162
Pointes tubulaires et à barre d'armature	164
<b>Plaques d'enfilage</b>	<b>166</b>
<b>Voûte parapluie AT</b>	<b>168</b>
Conception de la voûte parapluie	169
Types de raccord pour tubes	170
Technologie révolutionnaire	172
Installation par autoforage efficace	178
Procédure d'installation à l'aide de l'unité d'automatisation de tubes AT pour voûte parapluie	179
Unité d'automatisation de tubes AT pour voûte parapluie	180
Accessoires	185
<b>Lances de vide AT – TUBESPILE™</b>	<b>188</b>
<b>Système d'assèchement AT</b>	<b>191</b>

## Introduction

Le groupe de matériel de pré-soutènement comprend une multiplicité d'éléments de soutènement, qui sont sélectionnés en fonction des conditions rencontrées. Ils sont installés à partir du front de taille dans le sens de l'avancement dans un sol qui n'a pas encore été excavé et permettent d'obtenir une zone de travail stable et sûre au cours des étapes suivantes de l'excavation. Des mesures d'assèchement supplémentaires stabilisent le sol en améliorant ses propriétés.

Les éléments de pré-soutènement peuvent être divisés en deux catégories : élément installé dans la zone du front de taille ou élément installé dans le périmètre extérieur du front de taille de l'excavation. La première catégorie comprend principalement les boulons de front (voir la section (voir la section du catalogue « Boulons »), tandis que la seconde catégorie comprend les plaques d'enfilage, les pointes, les voûtes parapluie, les colonnes horizontales injectées de coulis et les technologies de congélation.

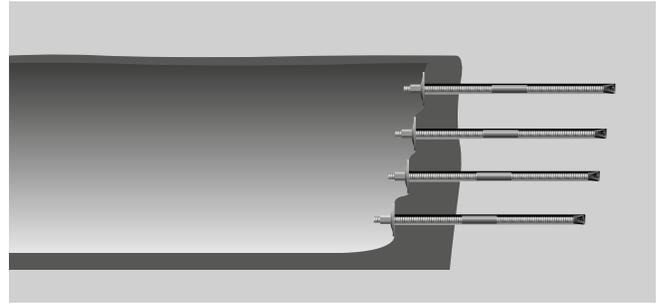
En fonction des conditions géologiques et géométriques, des mécanismes de rupture variés sont attendus et, par conséquent, des mesures de pré-soutènement différentes s'avèrent être la solution optimale pour des travaux de construction de tunnel stables et sûrs. Les possibilités couvrent des distances courtes (3 - 4 [m] ou 10 - 13 [ft]) ou longues (> 15 [m] ou 50 [ft]). Elles englobent les trous préforés, l'installation par autoforage, les dispositifs de soutènement en une seule pièce et les dispositifs de soutènement raccordés élément par élément. En fonction des exigences actuelles, plusieurs options appropriées peuvent être sélectionnées, ce qui est essentiel en raison des différentes conditions limites possibles dans la zone de forage des tunnels.

Les systèmes d'assèchement par forage sont utilisés pour les travaux d'assèchement pendant la construction et dans la zone d'excavation. Selon les besoins, des systèmes de différents diamètres et longueurs d'installation sont disponibles.

## Domaines d'application

### Boulons de front

- Conditions instables sur le front de taille
- Sol meuble
- Roche dure
- Conditions mixtes sur le front de taille
- Zones de failles, sédiments et éboulis
- Sol qui s'effrite

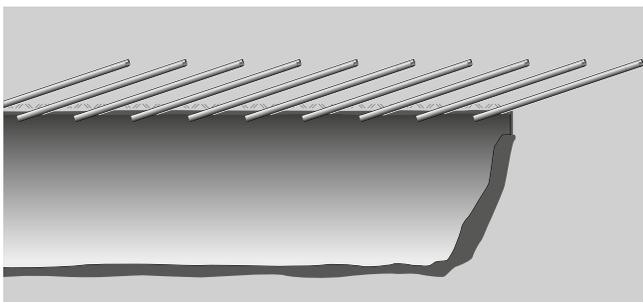


### Pointes et plaques d'enfilage

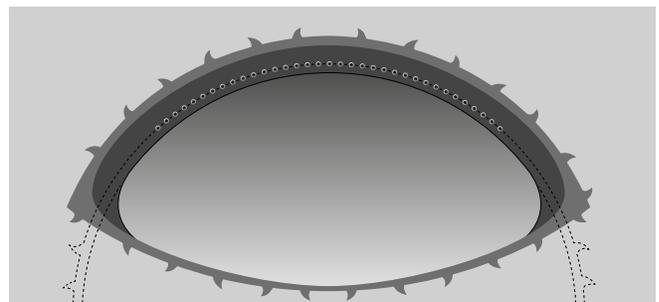
- Forage de tunnels dans un sol meuble homogène ou non homogène
- Zones de failles, sol sédimentaire ou débris
- Masse rocheuse en blocs et fissurée
- Sol presque non cohésif



### Soutènement par pointes



### Section transversale

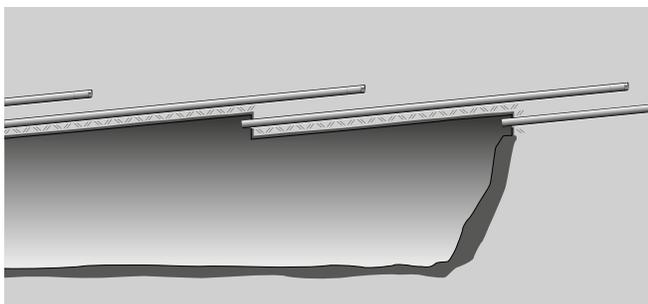


## Voûte parapluie AT

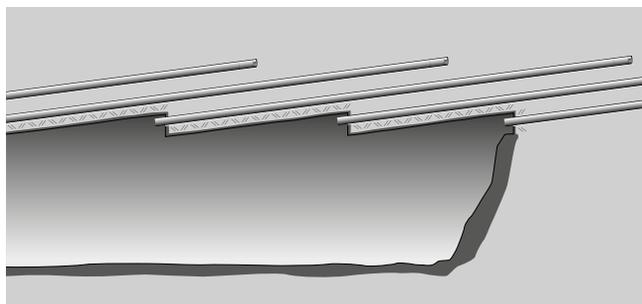
- Sol fortement fissuré
- Sol meuble
- Sol qui s'effrite
- Sols sujets à affaissement
- Forage de tunnels urbains
- Zones de failles, sédiments et éboulis
- Conditions du sol très changeantes
- Têtes avec régime de contraintes réduit ou inconnu et/ou fissures
- Nouvelle excavation des tronçons de tunnels effondrés



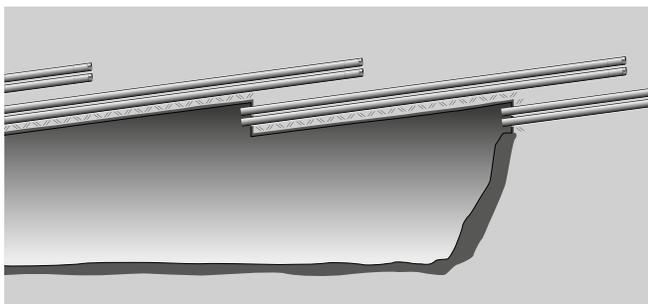
**Tube AT simple pour voûte parapluie**



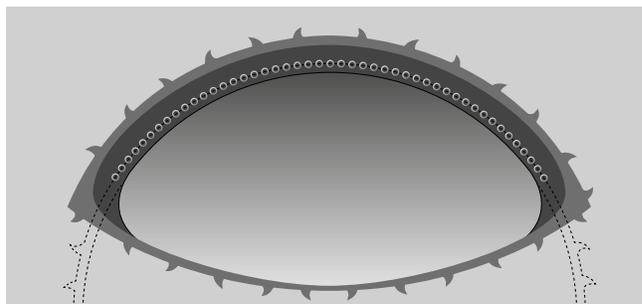
**Tube AT simple pour voûte parapluie à double recouvrement**



**Double tube AT pour voûte parapluie**



**Section transversale lors de l'excavation sous tube AT pour voûte parapluie**



## Effets de soutènement

### Boulons de front

Les boulons de front sont installés dans les zones de front éventuellement instables, généralement selon un modèle prédéfini. Les boulons ont souvent une longueur de 6 à 9 [m] et sont liés de façon continue au sol. Lors de l'excavation, le sol autour du boulon est creusé par étapes, le boulon est coupé et les plaques du boulon sont fixées de nouveau. Ainsi, sans liaison continue, le boulon peut se détendre complètement et perdre temporairement son effet de soutènement.

Les boulons de front peuvent être soumis à une force de cisaillement en cas de glissement de bloc ou à un plan de cisaillement discret dans un sol fragile, ou être exposés à des forces de traction longitudinales. La combinaison de ces deux scénarios de charge est également très fréquente. Par conséquent, les types de boulons ayant une liaison continue avec le sol ainsi que la possibilité de réinstaller la tête du boulon conviennent mieux au boulonnage de front.

La résistance au cisaillement et la résistance à la traction élastique sont donc des paramètres de conception importants.

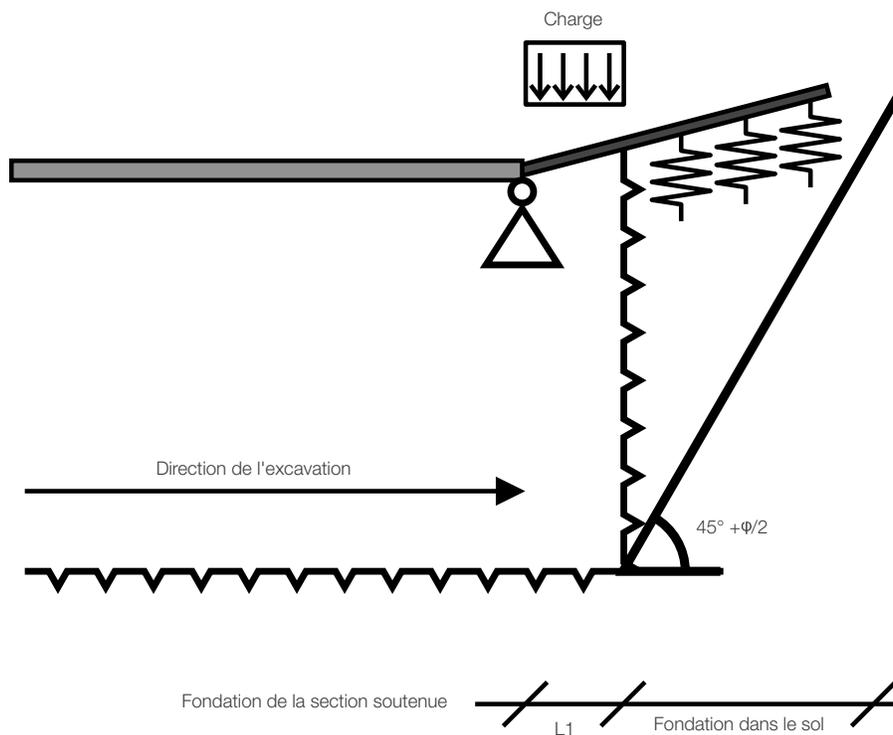
Les systèmes couramment utilisés pour le boulonnage de front sont des systèmes à liaison continue, décrits dans la section « Boulons » du catalogue : système de barre creuse DSI, boulons en PRV et boulons à barre d'armature.

### Pointes

Les pointes sont installées sur le périmètre extérieur de la galerie jusqu'au sol devant le front de taille. En règle générale, une pointe est installée avec une faible inclinaison vers l'extérieur ( $10^\circ$  à  $20^\circ$ ), soit à travers une poutre en treillis, soit au-dessus de tout autre type de poutre en acier. La longueur de pointe la plus courante est de 4 [m] (13,1 [ft]).

Des pointes subdivisent le périmètre de la travée ouverte et retiennent le matériau à l'extérieur. Ces charges sont transférées dans le sens longitudinal à ses fondations, au sol devant le front et aux poutres d'acier. Cet effet soutient le périmètre extérieur de la travée ouverte mais charge également le front. Dans un matériau en blocs, les pointes sont

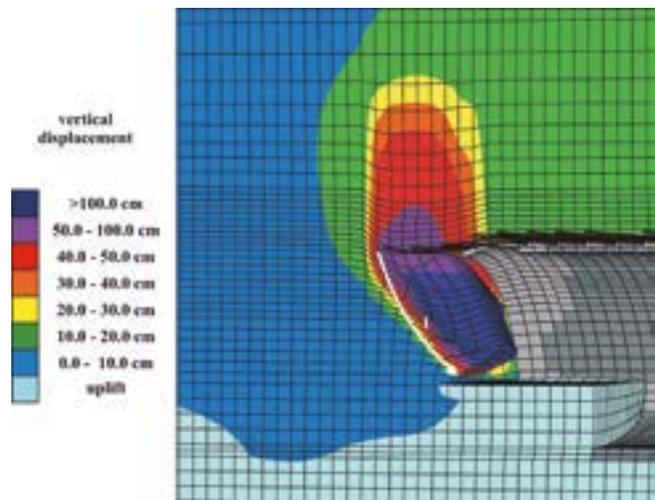
exposées à des charges de cisaillement tandis que dans un sol fragile, les pointes sont pliées. Selon le scénario de charge, le paramètre de conception approprié doit être défini.



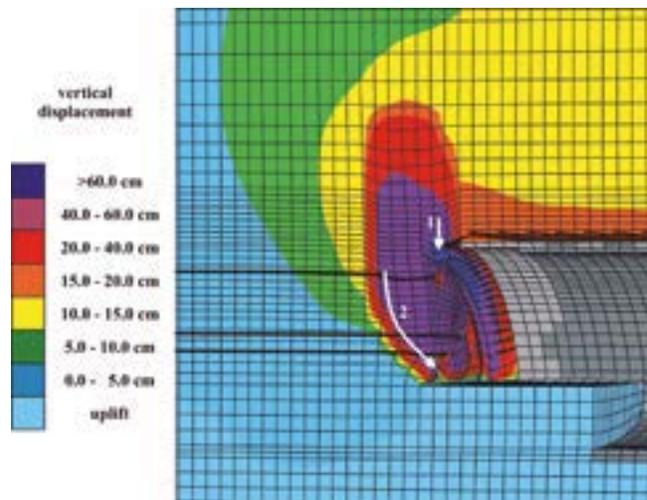
Volkman (2016)

## Action de soutènement combinée

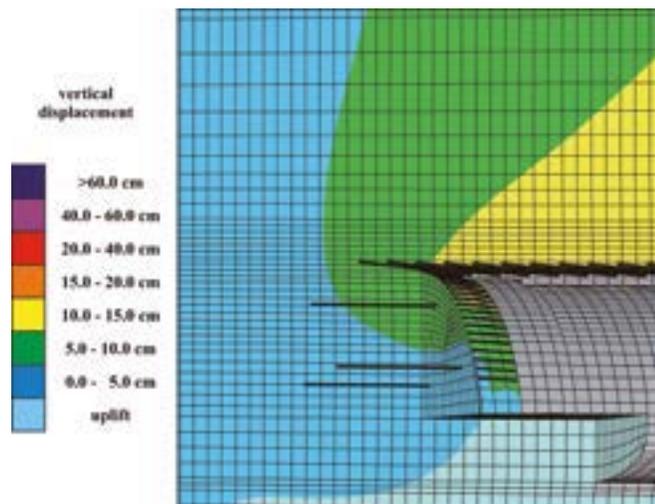
Rupture due à l'absence de boulons de front



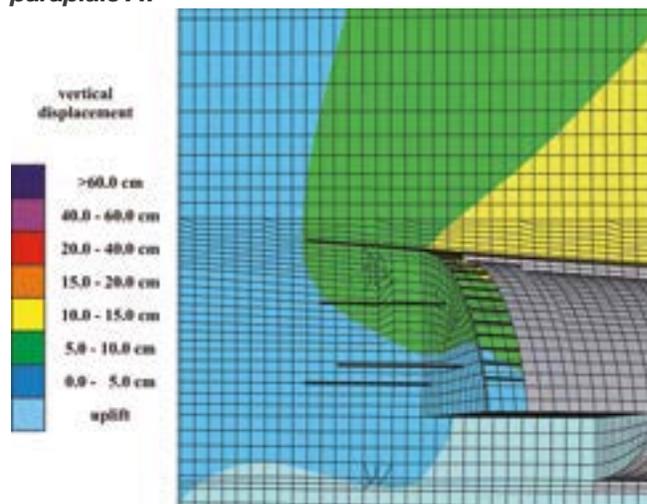
Rupture due à l'absence d'enfilage



Situation stable – Boulons de front et pointes



Situation stable – Boulons de front et voûtes parapluie AT



Volkman (2009)



## Voûte parapluie AT

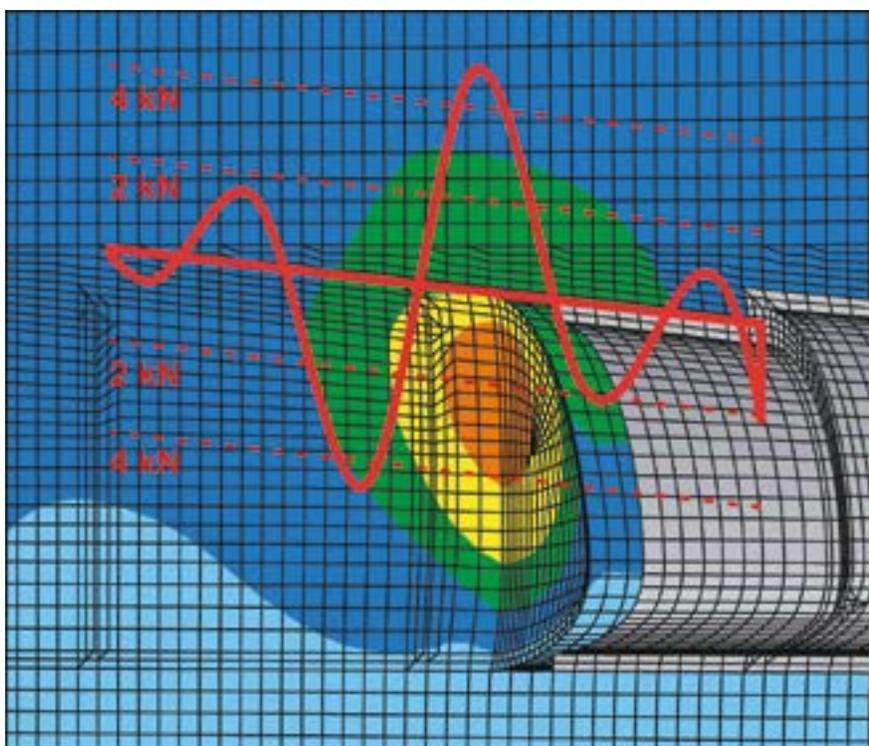
L'augmentation de la population dans les zones métropolitaines implique une amélioration continue des infrastructures souterraines. Dans ces zones, le sol est généralement composé de dépôts fluviaux ou de roches très altérées. Le forage de tunnels y occasionne des affaissements. Les projets de construction de nouveaux tunnels sont souvent régis par des restrictions concernant les valeurs de tassement admissibles. Par conséquent, des mesures de soutènement temporaires importantes et coûteuses telles que la congélation du sol, l'injection horizontale de coulis ou le fonçage doivent être mises en œuvre pour mener à bien ces projets.

Le système de tubes AT pour voûte parapluie, également appelé « méthode du calotte de tubes » ou « enfilage long » sur la scène internationale, constitue une alternative économique à ces mesures. Le fait qu'il comble parfaitement l'écart entre les techniques de forage normal (enfilage) peu coûteuses et les mesures de soutènement onéreuses susmentionnées explique pourquoi son utilisation dans la construction de tunnels ne cesse de croître.

Grâce à l'évolution des techniques de forage, le système de tubes AT pour

voûte parapluie peut être installé par des machines de forage ultramodernes et par le personnel sur place dans les tunnels. Le mode d'action de cette méthode de soutènement a fait l'objet d'une étude approfondie reposant sur une enquête scientifique sur le site, des essais en laboratoire et des calculs numériques.

Les effets du soutènement et les critères de conception sont décrits dans la section du catalogue « Système de tubes AT pour voûte parapluie » à la page 169.



Volkman et Schubert (2006)

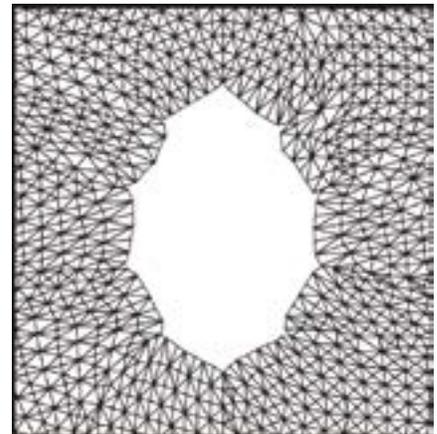
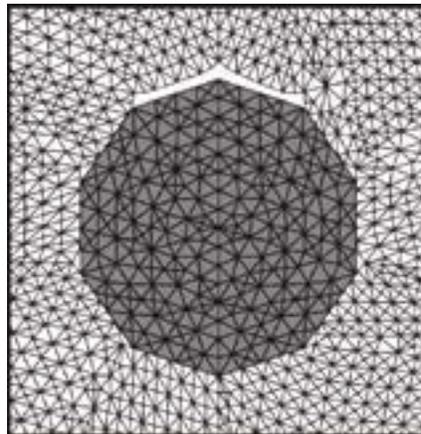
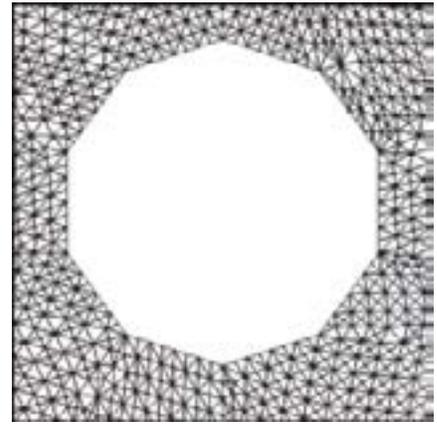
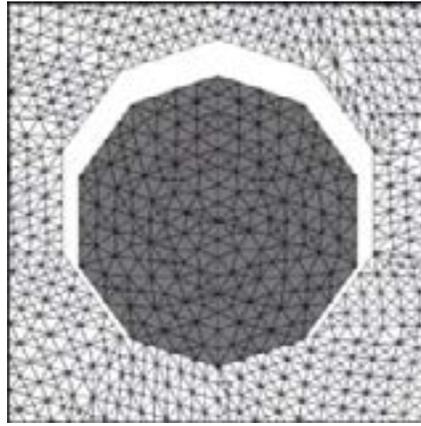
Le système de tubes AT pour voûte parapluie est classé dans la catégorie des mesures de pré-soutènement. Les tubes sont installés à la position effective du front de taille, parallèlement à la géométrie qui sera excavée ultérieurement (« enfilage »). Cela se traduit par un « parapluie » ou une « voûte » de soutènement agissant au-dessus de la zone de travail. Le diamètre externe des tubes pour voûte parapluie en acier est généralement compris entre 60 [mm] et 200 [mm] (2,4 [in] et 7,9 [in]) avec une épaisseur

de paroi allant de 4 [mm] à 10 [mm] (5/32 [in] à 25/64 [in]). Aujourd'hui, la longueur d'une voûte parapluie est de 12 [m], 15 [m], ou 18 [m] (39,4 [ft], 49,2 [ft], ou 59 [ft]) avec une longueur de fondation restante dans le sol dans le sens longitudinal de 3 [m] à 6 [m] (9,8 [ft] à 19,7 [ft]) pour assurer le transfert de charge dans le sol en amont du front de taille. L'installation nécessite davantage d'espace. Ainsi, un profilé en dents de scie est généré, lequel est typique des sections de tunnel soutenues par voûte parapluie.

Actuellement, les tubes peuvent être installés à l'aide de machines spéciales ou de jumbos de forage conventionnels. Il existe essentiellement deux méthodes d'installation : le préforage et le forage avec tubage. Lors de l'utilisation de la méthode de préforage, la première étape consiste à forer un trou et la seconde à insérer le tube. Les tubes sont installés par segments pendant le processus de forage dans le cadre de la méthode de forage avec tubage.

Les systèmes avec préforage induisent d'importantes déformations et il est souvent nécessaire de procéder à un nouveau forage qui prend beaucoup de temps. Les systèmes de tubage autoforants se caractérisent par un soutènement immédiat de la paroi du trou de forage, ce qui entraîne des déformations et des relaxations de contraintes modérées. Cette méthode d'installation, qui préserve le sol, est préférable lorsque les conditions de terrain sont défavorables.

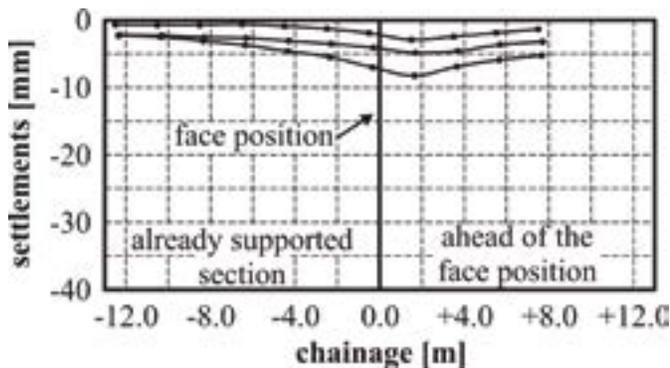
Les résultats d'une étude numérique dans UDEC (Universal Distinct Element Code) illustrent les caractéristiques de déformation du système de forage avec tubage (à gauche) et du système avec préforage (à droite). Le diamètre des deux trous était de 150 [mm] (5,9 [in]) avant le calcul de la stabilité.



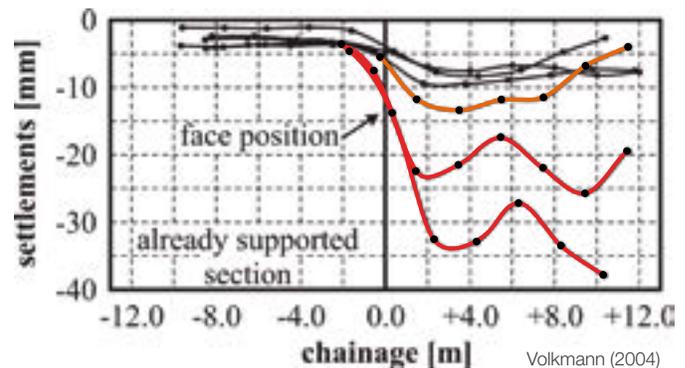
Volkmann (2006)

## Tassements survenus lors de l'installation de différents systèmes de tubes pour voûte parapluie

### Forage avec tubage (Birgltunnel)



### Préforage (Trojanetunnel)



Volkmann (2004)

Le système de tubes AT pour voûte parapluie est installé segment par segment en raison de la longueur limitée de la flèche de forage du jumbo. Les tubes doivent ainsi être connectés les uns aux autres pendant l'installation. Le type et la qualité du raccord sont les facteurs les plus importants pour atteindre la capacité portante maximale du système de soutènement. Par conséquent, trois types de raccords différents sont disponibles pour le système de tubes AT pour voûte

parapluie : le raccord fileté standard, le raccord à emboîtement et le manchon à enfiler. Ces types de raccord se distinguent principalement les uns des autres par leurs propriétés de rigidité et de résistance par rapport à la section complète du tuyau. Le raccord fileté standard convient parfaitement à l'installation d'instruments de mesure ou à l'amélioration du sol, car le diamètre intérieur reste constant.

D'autre part, un domaine d'application typique du manchon fileté à enficher est par exemple un projet dans lequel la voûte parapluie est utilisée pour son effet de soutènement statique ainsi que pour son effet de diminution de la déformation. Cela garantit une solution techniquement idéale pour chaque type d'application.

Source : Volkmann (2014)

## Systemes d'assèchement par forage

### Introduction

Les systèmes d'assèchement par forage sont utilisés pour l'assèchement et l'amélioration du sol pendant la construction. Dans le cadre du forage de tunnels, ils sont couramment utilisés pour l'assèchement temporaire. Ils sont donc également utiles pour des applications semi-permanentes telles que l'assèchement superficiel de pentes ou de structures souterraines. L'installation et l'application sont réalisées avec un équipement de forage standard et du personnel sur place. L'évacuation de l'eau drainée doit être effectuée de manière contrôlée en limitant toute pénétration supplémentaire dans le sol. L'application d'un système de pompe à vide relié aux systèmes d'assèchement par forage est une mesure active facultative dans les sols à faible perméabilité hydraulique.

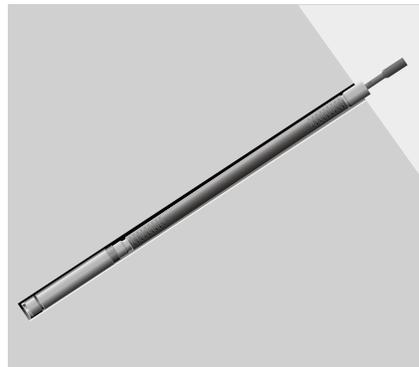
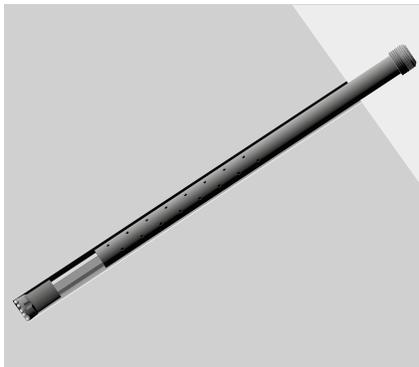
Deux systèmes sont couramment utilisés :

- Lance de vide AT TUBESPILE™
  - Évacuation de l'eau à proximité du périmètre du tunnel
  - Longueur d'installation : de 3 [m] à 5 [m] (de 9,8 [ft] à 16,4 [ft]), selon la longueur de l'avance du foret
  - Système à passe unique découpé
  - Amélioration des propriétés du sol par réduction de la teneur en eau
- Système d'assèchement AT
  - Assèchement de grande envergure
  - Longueur d'installation : de 12 [m] à 30 [m] (de 39,4 [ft] à 98,4 [ft]). Il est possible de réaliser des forages plus longs pour l'assèchement, en fonction de l'équipement d'installation et des conditions du terrain
  - Système de forage couplé avec tubage
  - Drainage profond de l'eau avant l'excavation à une distance sûre de l'avancement du tunnel

L'installation d'un système d'assèchement par forage s'accompagne généralement de l'installation de systèmes de pré-soutènement tels que le système de tubes AT pour voûte parapluie, ou de l'application de produits chimiques d'injection pour la consolidation du sol ou l'étanchéité.



## Domaines d'application



### Systèmes d'assèchement par forage

- Stabilisation des pentes saturées en eau
- Réduction de la pression de l'eau derrière les murs de construction
- Travaux d'assèchement dans des conditions de sol difficiles

### Lances de vide AT TUBESPILE™

- Travaux d'assèchement autour de l'excavation
- Assèchement avec et sans application de vide
- Réduction sûre et efficace de la pression locale des eaux souterraines

### Système d'assèchement AT

- Travaux d'assèchement de grande envergure
- Assèchement du sol en amont du chantier et parallèlement à la construction
- Réduction de la pression de l'eau dans les zones de faille en amont de l'excavation



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

# Pointes

## Barres creuses

### Introduction

Les pointes autoforantes à barres creuses DSI font partie de la gamme de produits du système de barre creuse DSI. Elles sont idéales pour les mesures de pré-soutènement dans tous les types de sol. La rapidité de l'installation par autoforage offrent des avantages indéniables par rapport aux autres types de pointes classiques, notamment dans le cas de trous de forage instables.

Les pointes autoforantes à barre creuse DSI soutiennent les instabilités locales dans la zone de travail. Dans les sols en mauvais état, ce système est une excellente alternative aux pointes à barre d'armature conventionnelles ou aux pointes tubulaires.

### Principaux avantages

- Installation à l'aide de machines de forage conventionnelles
- Installation sûre, simple et rapide
- Application sans problème en cas de trous de forage instables
- Forage et installation de la pointe en une seule étape
- Les raccords permettent d'obtenir des longueurs de pointes plus importantes
- Injection optionnelle de coulis à travers la barre creuse

### Description du système

L'installation des pointes autoforantes à barre creuse DSI s'effectue à l'aide de jumbos de forage conventionnels utilisant un forage rotatif à percussion. La barre creuse installée sert à la fois de tige de forage et d'élément de pré-soutènement. L'énergie de forage est transférée sur le foret, dont le diamètre externe est plus grand que celui de la barre creuse et du raccord.

Le refroidissement et l'évacuation des débris s'effectuent à l'aide d'eau entre la paroi du trou de forage et la pointe autoforante à barre creuse DSI.



### Composants du système

- Pointe autoforante à barre creuse DSI, disponible en option avec trous d'injection
- Raccords optionnels pour l'extension
- Foret à pointe ou foret soudé

### Spécifications

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Unité	R32-210	R32-400	R38-420	R38-550	R51-550	R51-950
Diamètre externe réel	[mm]	31,1		37,8		49,8	
	[in]	1,22		1,49		1,96	
Longueurs <sup>2)</sup>	[m]			2,0 - 6,0			
	[ft]			6,6 - 19,7			
Module d'élasticité	[N/mm <sup>2</sup> ]			205 000			
	[ksi]			29 700			
Moment d'inertie <sup>3)</sup>	[cm <sup>4</sup> ]	3,0	3,9	7,8	18,6	20,4	23,9
	[in <sup>4</sup> ]	0,07	0,09	0,19	0,43	0,49	0,57
Moment maximal (élastique) <sup>4)</sup>	[kN·m]	0,9	1,5	2,2	2,5	4,2	6,2
	[lbf·ft]	665	1 100	1 625	1 845	3 100	4 570

1) De plus amples informations techniques figurent dans la section du catalogue « Système de barre creuse DSI ».

2) Des longueurs hors normes sont disponibles sur demande.

3) Calculé avec le diamètre intérieur moyen et la surface nominale de la section transversale. Chiffre arrondi.

4) Chiffre arrondi.

## Procédure d'installation

1. Assemblage de la pointe autoforante à barre creuse DSI et connexion avec le marteau perforateur hydraulique.



2. Installation par autoforage par roto-percussion sans tubage : foret à usage unique et barre creuse servant de tige de forage ; rinçage à l'air, à l'eau ou à un mélange air-eau.



3. Extension optionnelle à l'aide de raccords.



4. Désaccouplement de la foreuse ; scellement ultérieur facultatif à l'aide d'un adaptateur d'injection.



## Caractéristiques techniques

- Gamme complète de forets pour différents types de sols

- Le scellement de l'espace annulaire assure la transmission de la charge et la capacité portante

- En option, avec des trous d'injection pour l'amélioration du sol



# AT – TUBESPILE™

## Introduction

L'AT – TUBESPILE™ fait partie de la famille de produits POWER SET. Il convient parfaitement comme système de pré-soutènement dans le cadre d'un forage de tunnels conventionnel et est classé comme une pointe.

L'application de l'AT – TUBESPILE™ permet de stabiliser les instabilités locales dans la zone d'excavation et de prévenir l'ameublissement du sol induit par l'installation. Dans des conditions de sol défavorables, ce système est une bonne alternative aux pointes installées par battage traditionnelles, aux pointes à barre d'armature ou aux pointes autoforantes à barre creuse DSI.

## Composants du système

- Foret AT – TUBESPILE™
  - Foret à usage unique de 52 [mm] (2 3/64 [in]) de diamètre, versions en forme d'arc ou à bouton disponibles
- AT – TUBESPILE™
  - Tube de pointe de 51 [mm] (2 [in]) de diamètre

## Principaux avantages

- Installation à l'aide de jumbos de forage conventionnels
- Procédure d'installation sûre et facile
- Forage et installation de la pointe en une seule étape
- Installation par autoforage préservant le sol
- Module de section plus élevé que les pointes à barre d'armature comparables

## Description du système

L'AT – TUBESPILE™ est installé en une seule étape par forage rotatif à percussion avec des flèches de forage conventionnelles. La tige de forage à l'intérieur du système TUBESPILE transfère l'énergie de forage au foret, qui est disponible sous la forme d'un foret à bouton avec des inserts en carbure et d'un foret trempé en forme d'arc. L'AT – TUBESPILE™ est poussé dans le trou de forage par un adaptateur et suit directement le foret. Le refroidissement, l'évacuation et le transport des débris sont réalisés à l'intérieur du tube avec de l'eau.



## AT – TUBESPILE™ prêt à l'emploi



## Spécifications en unités SI

Nuance d'acier <sup>1)</sup>	Module d'élasticité	Limite d'élasticité	Diamètre externe <sup>2)</sup>	Épaisseur de la paroi	Poids	Longueur de tube standard	Section transversale	Moment d'inertie	Module de section	Moment maximal (élastique)
[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[m]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[kN·m]
S235	210 000	235	51	3,2	3,8	3,0 / 3,5 / 4,0 / 4,5	4,8	13,8	5,4	1,3
				4,5	3,8		6,6	17,9	7,0	1,6
S355 ou E355	355	3,2		5,2	4,8	13,8	5,4	1,9		
		4,5		5,2	6,6	17,9	7,0	2,5		

## Spécifications en unités de mesure américaines courantes

Nuance d'acier <sup>1)</sup>	Module d'élasticité	Limite d'élasticité	Diamètre externe <sup>2)</sup>	Épaisseur de la paroi	Poids	Longueur de tube standard	Section transversale	Moment d'inertie	Module de section	Moment maximal (élastique)
[-]	[ksi]	[ksi]	[in]	[in]	[lb/ft]	[ft]	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>3</sup> ]	[lb·ft]
3)	30 500	≥ 35	2,0	0,13	2,53	9,8 / 11,5 / 13,1 / 14,8	0,74	0,33	0,33	960
				0,18	3,47		1,02	0,43	0,43	1 180
4)	≥ 50	0,13		2,53	0,74	0,33	0,33	1 400		
		0,18		3,47	1,02	0,43	0,43	1 840		

1) Nuance d'acier S235 et S355 conformément à la norme EN 10025-2 ou E355 conformément à la norme EN 10296-1.

2) Des propriétés structurelles différentes sont disponibles sur demande.

3) Nuance d'acier de référence : acier au carbone avec une limite d'élasticité minimale de 35 [ksi].

4) Nuance d'acier de référence : acier au carbone avec une limite d'élasticité minimale de 51,5 [ksi].

## Caractéristiques techniques

- L'installation par autoforage permet une application dans tous les types de sol
- Divers forets pour différents types de sols
- L'installation avec tubage permet une installation correcte dans un sol défavorable, même si les parois du trou de forage sont instables
- L'installation par autoforage garantit une installation correcte, même si les conditions du sol changent fréquemment
- Grande précision de la trajectoire des forets à pointe grâce au guidage du tube
- Aucun espace annulaire et donc aucun tassement ou ameublissement du sol lors de l'installation
- Le rinçage à contre-courant à l'intérieur du tube se caractérise par une influence minimale de l'eau de rinçage sur les propriétés du sol
- Disponible en option avec des trous pour l'assèchement ou l'injection
- Enregistrement et contrôle de l'injection par un débitmètre-pressiomètre d'injection

## Procédure d'installation

1. Fixation du tube AT – TUBESPILE™ et du foret à usage unique sur la tige de forage POWER SET ; connexion de l'adaptateur et du marteau perforateur.
2. Installation par autoforage par roto-percussion avec un foret à usage unique ; rinçage des débris par l'espace annulaire entre la tige de forage et le tube.
3. Installation terminée après que la profondeur de forage finale a été atteinte.
4. Retrait de la tige de forage POWER SET du tube AT – TUBESPILE™ installé. Le foret à usage unique reste à l'intérieur du trou.



# Pointes tubulaires et à barre d'armature

## Introduction

Les pointes tubulaires et les pointes à barre d'armature sont universellement applicables pour les mesures de pré-soutènement. Il est possible de les installer dans des trous de forage stables et préforés dans des masses rocheuses fissurées et des sols cohésifs, ainsi que de les enfoncer dans des sols meubles et homogènes.

## Principaux avantages

- Systèmes de pointe éprouvés
- Installation sûre et simple
- Universellement applicable
- Installation à l'aide de machines de forage conventionnelles
- Pointes tubulaires : en option, également disponibles sous forme de pointes d'injection



## Description du système

Les pointes tubulaires sont constituées d'un tube d'acier, éventuellement pourvu d'une extrémité soudée pour le battage. Les pointes à barre d'armature sont constituées de barres d'acier lisses ou nervurées qui sont pointues d'un côté. L'installation est réalisée avec des machines de forage conventionnelles. Les deux types de pointes sont soit installés dans des trous de pointes préforés, soit installés par battage dans le sol. Les pointes installées dans des trous préforés sont utilisées pour les masses rocheuses fissurées et les sols cohésifs en tant que pré-soutènement contre la chute de la masse rocheuse, tandis que les pointes installées par battage sont appliquées dans les sols homogènes et meubles.

Le battage permet de préserver la situation de contrainte et d'obtenir une condition initiale optimale pour la formation d'une voûte entre les pointes. Après l'installation, la charge du sol est transférée aux supports par les pointes. Ces supports sont le sol en amont du front de taille et l'arche de soutènement dans la zone d'excavation déjà soutenue (revêtement primaire).

## Caractéristiques techniques des pointes tubulaires

- Installation simple dans les trous de forage préforés
- Des pointes tubulaires en acier à installer par battage sont disponibles sur demande
- Installation par battage préservant le sol ; la condition de contrainte d'origine est conservée
- Le battage déplace le sol et permet d'optimiser les caractéristiques de support de charge à un stade ultérieur
- L'installation est possible au-dessus ou à travers l'arc de soutènement
- Module de section élevé par rapport au poids
- Également disponibles en tant que pointes d'injection avec des trous d'injection pour l'amélioration du sol



## Procédure d'installation des pointes tubulaires

- Installation dans des trous préforés
  - Préforage des trous à travers ou au-dessus de l'arc de soutènement
  - Insertion des pointes tubulaires
- Installation par battage de la pointe tubulaire
  - Enfoncement des pointes tubulaires à travers ou au-dessus de l'arc de soutènement
  - Adaptateurs de battage disponibles sur demande

## Spécifications des pointes tubulaires

Valeur caractéristique/type <sup>1)</sup>	Unité	38 x 4,0	51 x 3,2	51 x 4,5
Diamètre externe réel	[mm]	38	51	
	[in]	1,5	2,0	
Épaisseur de la paroi	[mm]	4,0	3,2	4,5
	[in]	0,16	0,13	0,18
Longueurs <sup>2)</sup>	[m]	3,0 / 4,0 / 6,0		
	[ft]	9,8 / 13,1 / 19,7		
Module d'élasticité	[N/mm <sup>2</sup> ]	210 000		
	[ksi]	30 450		
Moment d'inertie	[cm <sup>4</sup> ]	6,3	13,8	17,9
	[in <sup>4</sup> ]	0,15	0,33	0,43

1) Nuance d'acier minimale S235 (EN 10025-2). Par ailleurs, un acier au carbone d'une élasticité minimale de 35 [ksi] est requis.

2) Des longueurs hors normes et des trous d'injection en option sont disponibles sur demande.





## Caractéristiques techniques des pointes à barre d'armature

- Installation simple dans les trous préforés
- Les espaces annulaires avec coulis améliorent le transfert de charge vers le sol
- Le battage est une méthode d'installation qui permet de conserver les conditions de contrainte d'origine
- Le sol est déplacé par battage, ce qui permet d'obtenir des conditions optimales pour le support ultérieur de la charge
- L'installation est possible au-dessus ou à travers les arcs de soutènement

## Procédure d'installation des pointes à barre d'armature

- Installation dans des trous préforés
  - Préforage des trous à travers ou au-dessus de l'arc de soutènement
  - Remplissage des trous avec du coulis (uniquement pour une installation avec coulis)
  - Installation de la pointe à barre d'armature
- Installation par battage de la pointe à barre d'armature
  - Enfoncement des pointes à barre d'armature à travers ou au-dessus de l'arc de soutènement



## Spécifications des pointes à barre d'armature

- Pointes en acier pour béton lisse ou nervuré
- Nuance d'acier minimale B 500 B (OENORM B 4700 ou DIN 488-1) ou nuance 75 (ASTM A615)
- Diamètres des barres de 20 [mm] à 36 [mm] ou de N° 6 à N° 11
- Longueurs de 3 [m] à 6 [m] ou de 9,8 [ft] à 19,7 [ft]
- Pointues d'un côté
- Des longueurs différentes et des pointes à barre d'armature non pointues sont disponibles sur demande

# Plaques d'enfilage

## Introduction

Les plaques d'enfilage sont utilisées pour le pré-soutènement laminaire-actif, qui est particulièrement adapté aux sols instables et non cohésifs. Cet élément de soutènement est battu dans le sol à l'aide de foreuses hydrauliques.

## Principaux avantages

- Installation à l'aide de machines de forage conventionnelles
- Installation sûre et simple
- Soutènement fermé à la travée ouverte
- Le battage minimise la relaxation de la contrainte au sol provoquée par le forage

## Caractéristiques techniques

- Battage avec des marteaux-piqueurs hydrauliques
- Installation sûre et simple
- Le battage empêche le tassement et la libération des contraintes en amont de l'excavation



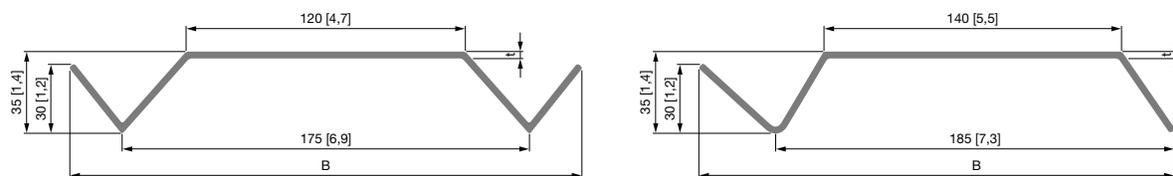
## Description du système

Les plaques d'enfilage sont installées par battage au-dessus de l'arc de soutènement en une seule étape avec des flèches de forage conventionnelles par l'intermédiaire d'un sabot de battage. Elles sont installées soit avec un recouvrement, soit avec un espace lorsque le sol présente une faible cohésion.

- Plaque d'acier avec un ou deux joints longitudinaux
  - Épaisseur de plaque : 3 - 6 [mm] (1/8 - 15/64 [in])
  - Longueur : 1,25 - 3,0 [m] (4,1 - 9,8 [ft])
  - Largeur : environ 220 [mm] (8 21/32 [in])
- Modèle de plaque d'enfilage
  - Différentes versions disponibles sur demande
- Des plaques d'enfilage avec des propriétés structurales différentes sont disponibles sur demande



## Schéma du type A et du type B



## Spécifications

### Unités SI

Caractéristiques	Symbole	Unité	A3 / B3					A4 / B4					A5 / B5					A6 / B6				
Épaisseur	t	[mm]	3					4					5					6				
Longueur <sup>1)</sup>	L	[m]	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00
Largeur <sup>2)</sup>	B	[mm]	220					220					220					220				
Poids	m	[kg/m]	6					8					10					12				
Poids par pièce	m <sub>Pcs</sub>	[kg]	7,5	9,0	12,0	15,0	18,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	12,5	15,0	20,0	25,0	30,0	15,0	18,0	24,0	30,0	36,0
Module de section	W <sub>x</sub>	[cm <sup>3</sup> ]	8,9					10,6					12,2					13,8				

### Unités de mesure américaines courantes

Caractéristiques	Symbole	Unité	A3 / B3					A4 / B4					A5 / B5					A6 / B6				
Épaisseur	t	[in]	0,12					0,16					0,20					0,24				
Longueur <sup>1)</sup>	L	[ft]	4,1	4,9	6,6	8,2	9,8	4,1	4,9	6,6	8,2	9,8	4,1	4,9	6,6	8,2	9,8	4,1	4,9	6,6	8,2	9,8
Largeur <sup>2)</sup>	B	[in]	8,7					8,7					8,7					8,7				
Poids	m	[lb/ft]	4,0					5,4					6,7					8,1				
Poids par pièce	m <sub>Pcs</sub>	[lb]	17	20	26	33	40	22	26	35	44	53	28	33	44	55	66	33	40	53	66	79
Module de section	W <sub>x</sub>	[in <sup>3</sup> ]	0,54					0,65					0,74					0,84				

1) Des longueurs spéciales sont disponibles sur demande.

2) Largeur de référence incluant le recouvrement : 5,7 pièces par [m] ou 1,7 pièces par [ft].



# ***Voûte parapluie AT***

## **Introduction**

Le système AT pour voûte parapluie est une mesure de pré-soutènement utilisée en cas de conditions de sols instables dans le cadre du forage de tunnels conventionnel ou bien mécanisé.

Les longs enfilages à l'aide de la méthode de voûte parapluie sont généralement utilisés dans le but d'améliorer la sécurité et la stabilité de la zone de travail des opérations d'avancement standard, des têtes de tunnels et dans le cadre de nouvelles excavations de sections effondrées.

Une autre application est l'amélioration et l'imperméabilisation du sol associée à toute autre méthode de construction de tunnel.

Les tubes pour voûte parapluie, installés dans le sol avant l'excavation, augmentent la stabilité dans la zone de travail en transférant les charges dans le sens longitudinal et réduisent les déformations provoquées par l'excavation. DSI Underground a mis au point un type de raccord pour tubes supérieur qui permet de diminuer les temps de cycle d'installation tout en accroissant la capacité de charge.

L'installation des systèmes de pointe de soutènement en voûte parapluie est réalisée par autoforage, le prétubage soutenant immédiatement le trou de forage, contrairement aux systèmes de préforage désormais obsolètes,

où le forage du trou et l'installation du tube s'effectuaient en deux opérations distinctes.

L'installation entièrement mécanisée est en passe de devenir une norme de sécurité obligatoire dans le secteur mondial du forage de tunnel.

DSI Underground est le fournisseur n° 1 de systèmes pour le développement et l'application de technologies sécurisées et efficaces pour l'installation de voûtes parapluie.

## **Principaux avantages**

- Sécurité maximale grâce à une installation entièrement mécanisée
- Technologie d'installation efficace par autoforage
- Le système de voûtes parapluie le plus rapide du marché
- Installation à l'aide de machines de forage conventionnelles
- Mise en œuvre du forage pour voûtes parapluie avec le personnel sur site
- Composants de système fiables et solides
- Installation des tubes élément par élément pour des longueurs flexibles
- Application simple dans les espaces confinés
- Capacité de charge supérieure des raccords de tubes innovants

## **Composants du système**

### **Consommables**

- Unité de démarrage avec foret
- Tubes pour voûte parapluie
- Vannes d'injection

### **Accessoires à usages multiples**

- Adaptateur de foret
- Tige de forage en acier
- Garniture d'étanchéité



## Conception de la voûte parapluie

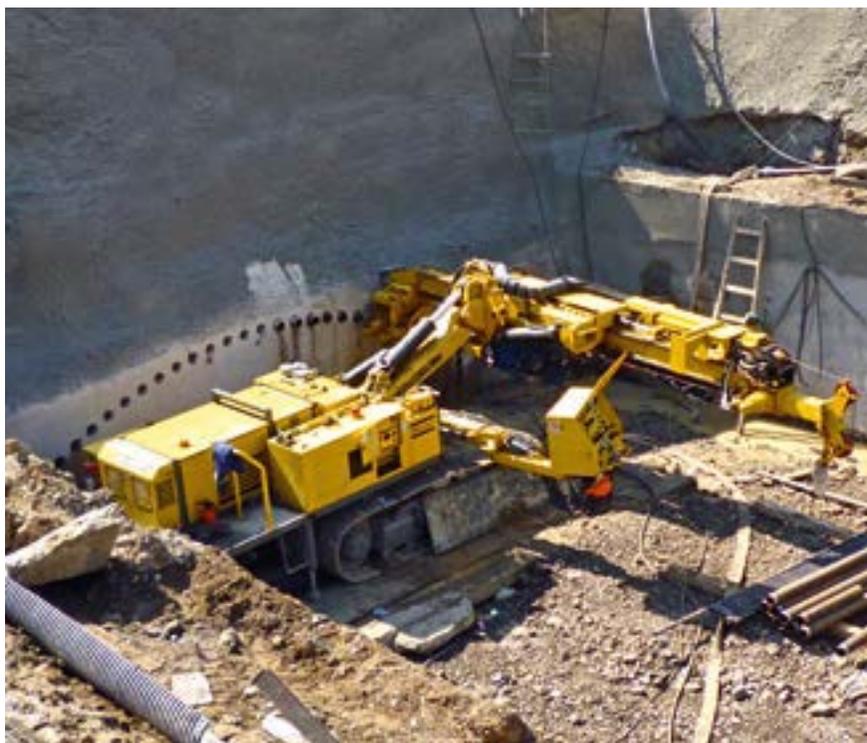
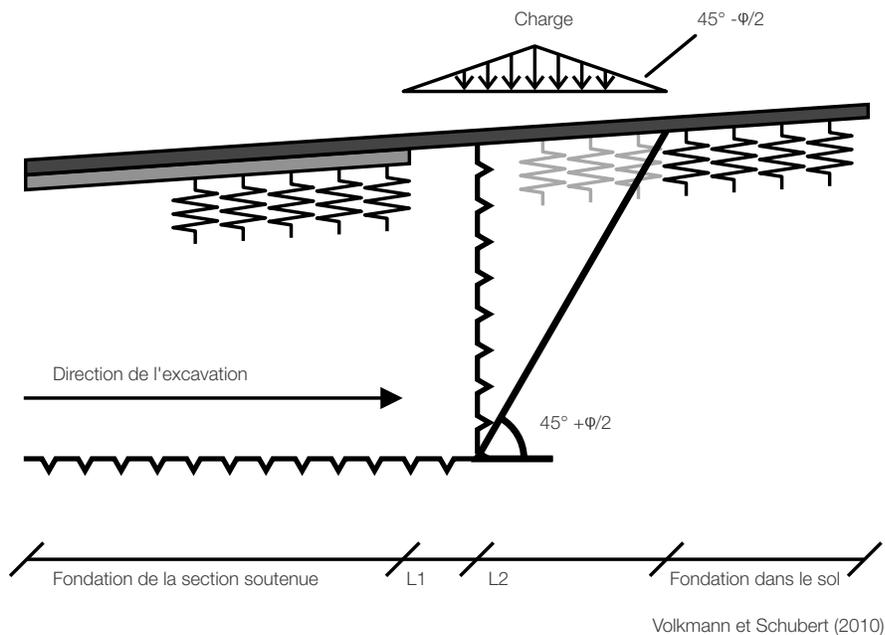
### Effets de soutènement

Les systèmes de soutènement par voûte parapluie installés sur une longueur typique de 12 [m] à 18 [m] (de 39,4 [ft] à 59,1 [ft]) sont considérés comme des systèmes d'enfilage longs. Du point de vue de leur conception, les mesures de soutènement peuvent être divisées en trois effets différents :

- Subdivision de la zone non soutenue dans la portée sans appui intermédiaire de la zone de travail
- Effet de soutènement radial
- Effet de soutènement longitudinal

Leur interaction permet le soutènement de la zone de travail et de la zone frontale. Dans cette section critique, les charges sont transférées dans le sens longitudinal vers les fondations par chaque tube de la voûte parapluie, soit vers le sol au-devant de l'excavation et le revêtement primaire posé au préalable.

Les tubes pour voûte parapluie sont pour l'essentiel mis en charge par flexion. De ce fait, le paramètre de conception pertinent est le moment élastique maximal du système. Le critère de référence est la performance du maillon le plus faible, qui est habituellement le raccord pour tubes.



### Critères de conception

On distingue deux critères de conception courants pour le transfert de charges des tubes pour voûte parapluie :

- Le moment élastique maximal  $M_y$  du tube standard ainsi que du raccord pour tubes (conception élastique pure)
- Le moment élastique  $M_y$  du tube standard associé au moment ultime  $M_{ult}$  du raccord pour tubes (conception élastique-plastique)

Pour ces deux critères, les paramètres pertinents pour la conception ( $M_y$  et  $M_{ult}$ ) dépendent du produit et doivent être confirmés par des certificats adéquats du fabricant avant l'installation.

Si les réserves matérielles plastiques d'acier sont activées par des joints en plastique au niveau du raccord pour tubes, un facteur de sécurité d'au moins 1,3 pour la valeur  $M_{ult}$  testée est recommandé :

$$M_{ult, \text{raccord de tubes}} \geq 1,3 M_y, \text{ tube standard}$$

Ce principe permet un calcul élastique et le dimensionnement des tubes standard pour voûte parapluie incluant des raccords pour tubes de pointe sans réduction supplémentaire de la capacité de charge.

## Types de raccord pour tubes

### Raccord fileté standard

Dans le cas d'un raccord fileté standard, les filetages interne et externe sont gravés aux deux extrémités de chaque tube pour voûte parapluie. Ce type de raccord réduit la section transversale du tube au niveau du filetage. Ainsi, le module de section décroît lui aussi. Le diamètre interne du tube reste constant au niveau du raccord.

Outre les conditions géométriques du filetage, la qualité générale des tubes filetés pose problème s'agissant de la capacité de charge générale. En général, les tubes calibrés atteignent une résistance supérieure à la flexion par rapport à ceux non calibrés.



### Raccord à emboîtement

Un raccord à emboîtement consiste en une extrémité mâle préfabriquée et réduite d'un tube emboîtée à force dans la pièce femelle correspondante à l'aide d'un cylindre de serrage hydraulique. La section transversale reste constante au niveau du raccordement et le module de

section est restreint. Le diamètre interne du tube est réduit au niveau du raccord.

Ce type de raccord pour tubes peut être recommandé pour l'installation de voûtes parapluie du fait de sa capacité de charge statique.



### Unité de serrage

- Application combinée avec des machines de forage standard
- Facile à manœuvrer et radiocommandée

- Raccord sécurisé et rapide de tubes
- Système hydraulique



### Manchon à enficher

Les manchons à enficher comportent une fiche filetée supplémentaire en acier enfoncée et soudée dans les deux extrémités des tubes pour voûte parapluie. Ce type de raccord permet de s'assurer que le moment d'inertie géométrique du raccord n'est pas inférieur au moment d'inertie géométrique du tube standard.

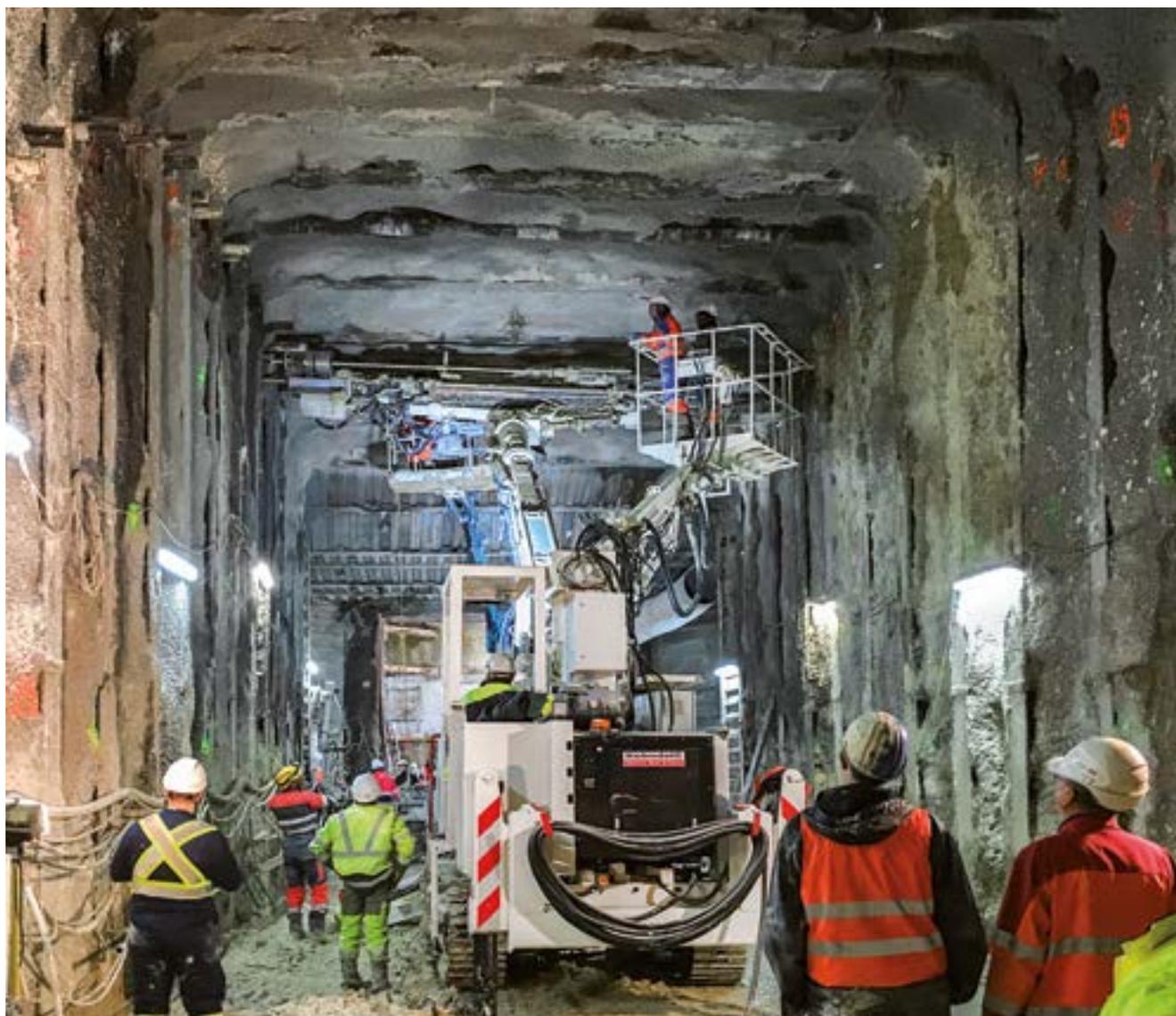
Le diamètre interne du tube est réduit au niveau du raccord.

Ce type de raccord peut être recommandé pour les avancements où il est nécessaire d'améliorer la capacité de charge statique et où les limites d'implantation sont intégrées à la conception.



## Comparaison des raccords pour tubes

Critère	Raccord fileté standard	Raccord à emboîtement	Manchon à enficher
Type de raccord	Les filetages interne et externe sont gravés aux deux extrémités de chaque tube pour voûte parapluie	Extrémité réduite emboîtée à force dans la pièce femelle correspondante	Fiche filetée en acier, enfoncée et soudée dans les deux extrémités des tubes pour voûte parapluie
Influence statique	Réduction significative de la section transversale et du module de section au niveau du filetage	Section transversale constante et module de section réduit au niveau du raccord	Le moment d'inertie géométrique du raccord n'est pas inférieur au moment d'inertie géométrique du tube standard
Comportement élastique	La rigidité et la résistance sont nettement inférieures à celles des tubes standard	Rigidité réduite face à la flexion au niveau du raccord	La rigidité et la résistance sont adaptées aux tubes standard
Comportement ultime	La charge de rupture des raccords peut être inférieure à la charge élastique des tubes standard	La charge de rupture est supérieure à la charge élastique nominale d'un tube standard ( $> 1,5$ )	La charge de rupture des raccords est supérieure par rapport au tube standard
Utilisation recommandée	Installation d'instruments de mesure ou injections d'amélioration du sol	Voûte parapluie avec une capacité de charge statique nominale	Projets où les limites d'implantation sont intégrées à la conception



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

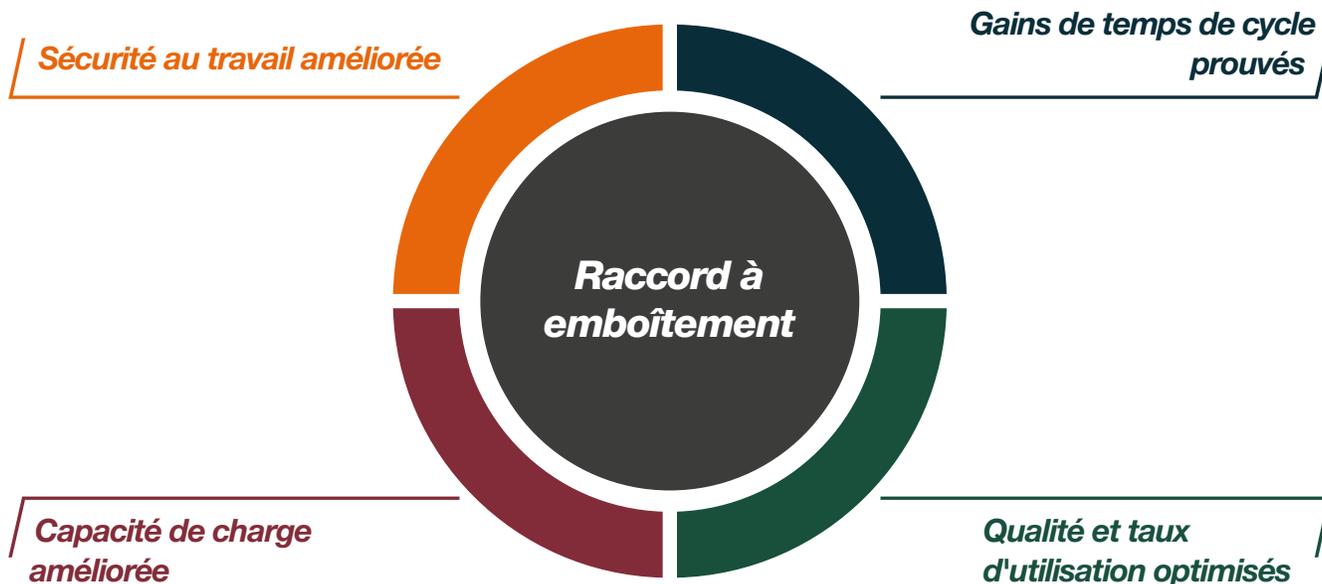
Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

## Technologie révolutionnaire



### Sécurité au travail améliorée

- L'opération radiocommandée permet de raccorder les tubes de manière sécurisée
- Moins de travail physique requis
- Pas d'intervention humaine durant l'étape de raccord des tubes
- La clé pour tige de forage intégrée permet une manipulation sécurisée de la tige de forage en acier

Installation conventionnelle (filetage)	Raccord à emboîtement
Raccord manuel des tubes pour voûte parapluie : clé serre-tube à chaîne	Raccord pour tubes radiocommandé à l'aide d'un groupe de cylindres hydrauliques
Raccord et déconnexion manuels des tiges de forage : clé de serrage pour tiges de forage	Raccord centralisé et déconnexion radiocommandée de la tige de forage en acier
Exposition directe du personnel aux outils de forage mobiles et au marteau perforateur hydraulique	Limitation du personnel exposé à l'éventail d'opérations du marteau hydraulique



## Gains de temps de cycle prouvés

- Raccords plus rapides que pour les filetages standard
- Élimination des retards dus aux tubes bloqués ou endommagés
- Gains de temps totaux d'environ 3 heures pour une voûte parapluie type : 15 forages pour tubes de 18 [m] (59,1 [ft]) chacun
- Expérience : 5 % des raccords filetés s'avèrent difficiles (cas particuliers), nécessitant un temps de manipulation supplémentaire

Paramètre	Unité	Raccord fileté standard	Raccord à emboîtement	Gains de temps
Nbre de tubes	[1]	15		—
Longueur d'un tube simple	[m]	3		—
Longueur de voûte parapluie	[m]	18		—
Nbre de raccords	[1]	75		—
Temps de raccord simple	[min]	3,5	1,5	2
Retard simple	[min]	10	0	10
Nbre de raccords difficiles	[1]	5 %	0 %	—
Durée de raccord totale	[min]	262,5	112,5	150
Retard total	[min]	37,5	0	37,5
<b>Somme</b>	<b>[min]</b>	<b>300</b>	<b>112,5</b>	<b>187,5</b>



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

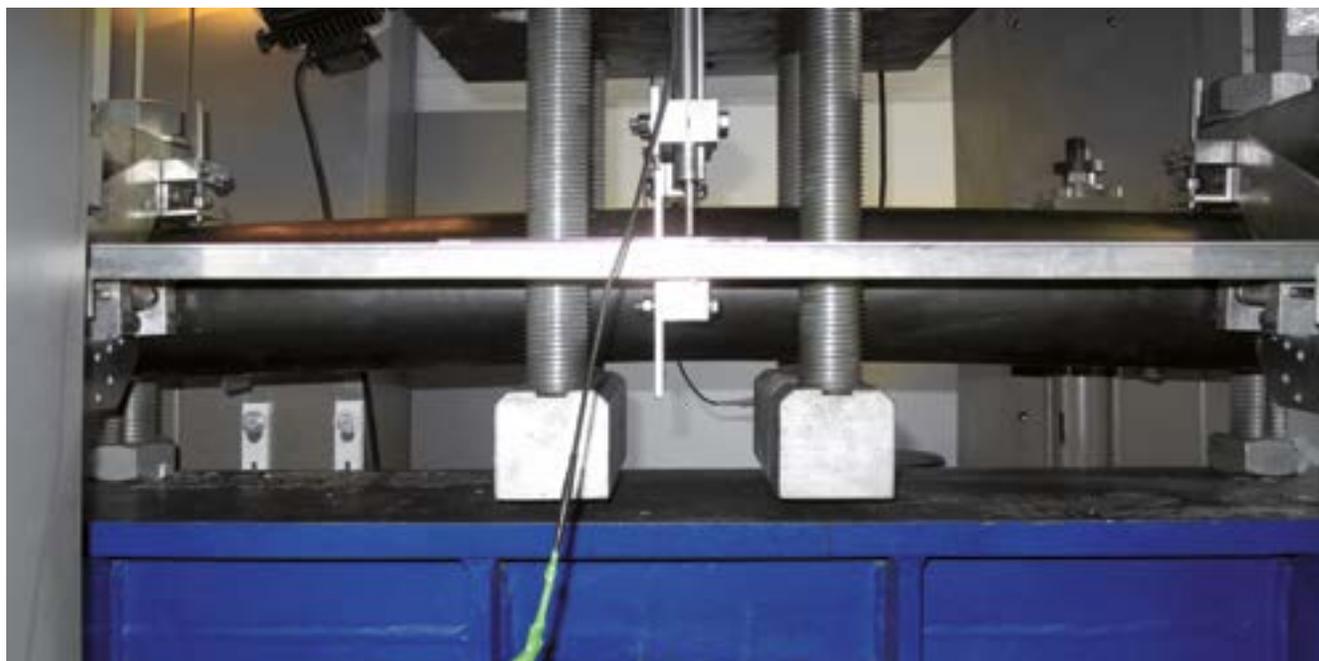
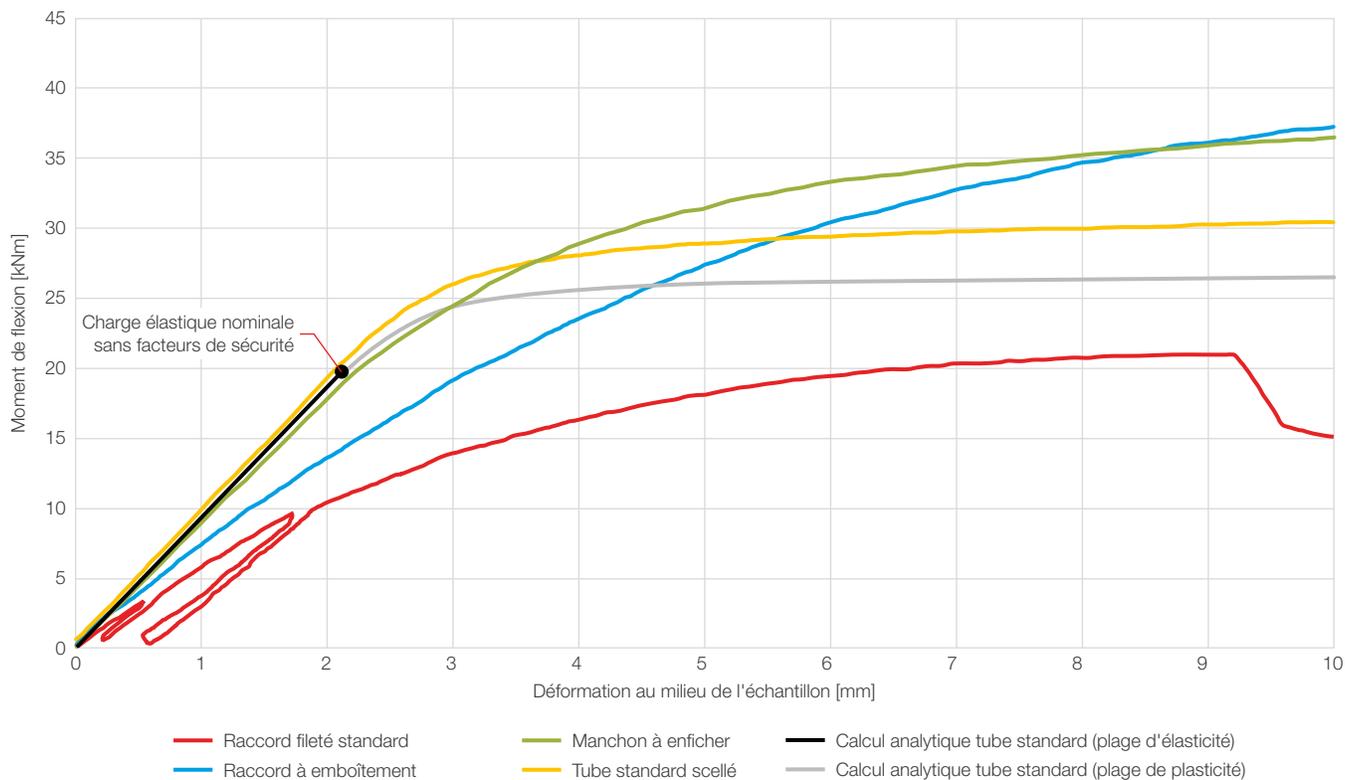
Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

## Capacité de charge améliorée

- Critères de conception fondés sur le transfert de charge : moments élastique et plastique du raccord pour tubes
- Critère de conception 1 : amélioration du moment élastique maximal  $M_y$  du raccord pour tubes
- Critère de conception 2 : moment ultime  $M_{ult}$  du raccord pour tubes significativement supérieur à la charge élastique nominale (tube standard)
- Exemple : comparaison des raccords de tubes AT – 114,3 x 6,3 [mm], nuance d'acier S/E 355 (355 [N/mm<sup>2</sup>] ou 51,5 [ksi])

### Essais de flexion : comparaison des raccords pour tubes AT – 114,3 x 6,3 [mm]



## Qualité optimisée

Raccord fileté standard	Raccord à emboîtement
Différence significative entre les tubes standard et les tubes calibrés fournis par DSI Underground	Système sans erreur
Une résistance suffisante du filetage dépend largement de la qualité du filetage	Qualité confirmée pour chaque raccord pour tubes
Impacts supplémentaires sur les filetages pendant le transport et l'installation	Système solide et raccord pour tubes ultra-résistant conçu pour répondre aux exigences spécifiques du secteur de la construction

## Taux d'utilisation

- Méthode de conception fondée sur la performance
- L'amélioration de la capacité de charge permet de réduire l'épaisseur des parois des tubes par rapport aux raccords filetés
- Potentiel d'économies matérielles significatif tout en augmentant la performance
- Poids de transport réduit pour une meilleure efficacité logistique
- Procédures de manipulation facilitées grâce au poids réduit des tubes simples pour voûte parapluie
- Exemple d'étude de paramètres : système de tubes AT – 139 pour voûte parapluie avec différents types de raccords et épaisseurs de parois

Paramètre	Unité	Raccord fileté standard (tubes calibrés)	Raccord à emboîtement	Différence entre raccord fileté et à emboîtement	
Dimensions du tube	[mm]	139,7 x 8,0	139,7 x 10	139,7 x 6,3	-
Poids par l'unité	[kg/m]	26,0	32,0	20,7	-20 % / -35 %
Moment élastique max $M_y$	[kNm]	14,1	18,4	20,4	+45 % / +11 %



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

## Spécifications en unités SI

Système <sup>1)</sup>	Nuance d'acier <sup>2)</sup>	Module d'élasticité	Limite d'élasticité	Diamètre externe	Épaisseur de paroi	Poids	Module de section	Moment quadratique
Type	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]
AT – 76	E355 ou S355	210 000	355	76,1	6,3	10,8	22	85
AT – 89				88,9	5,0	10,4	26	116
				<b>88,9</b>	<b>6,3</b>	<b>12,8</b>	<b>32</b>	<b>140</b>
AT – 114				88,9	8,0	16,0	38	168
				114,3	5,0	13,5	45	257
				<b>114,3</b>	<b>6,3</b>	<b>16,8</b>	<b>55</b>	<b>313</b>
				114,3	8,0	21,0	66	379
AT – 139				139,7	5,0	16,6	69	481
				<b>139,7</b>	<b>6,3</b>	<b>20,7</b>	<b>84</b>	<b>589</b>
				<b>139,7</b>	<b>8,0</b>	<b>26,0</b>	<b>103</b>	<b>720</b>
				139,7	10,0	32,0	123	862
AT – 168				168,3	10,0	39,0	186	1 564
				168,3	12,5	48,0	222	1 868
				168,3	16,0	60,1	267	2 244

Système <sup>1)</sup>	Diamètre externe	Épaisseur de paroi	Moment élastique maximal $M_y$ <sup>3)</sup>				Moment ultime (plastique) $M_{ult}$ <sup>3)</sup>
			Tube standard	Manchon à enficher	Raccord à emboîtement	Raccord fileté (tubes calibrés)	Raccord à emboîtement <sup>4)</sup>
Type	[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
AT – 76	76,1	6,3	7,9	N/A	N/A	2,9	N/A
AT – 89	88,9	5,0	9,3	N/A	5,9	N/A	15,4
	<b>88,9</b>	<b>6,3</b>	<b>11,2</b>	<b>N/A</b>	<b>6,5</b>	<b>4,1</b>	<b>21,7</b>
AT – 114	88,9	8,0	13,4	N/A	N/A	5,4	N/A
	114,3	5,0	16,0	16,0	10,5	N/A	29,3
	<b>114,3</b>	<b>6,3</b>	<b>19,4</b>	<b>19,3</b>	<b>12,1</b>	<b>6,9</b>	<b>33,1</b>
AT – 139	114,3	8,0	23,6	19,3	13,2	9,3	41,8
	139,7	5,0	24,4	24,4	17,5	N/A	41,0
	<b>139,7</b>	<b>6,3</b>	<b>29,9</b>	<b>29,9</b>	<b>20,4</b>	<b>10,4</b>	<b>50,0</b>
	<b>139,7</b>	<b>8,0</b>	<b>36,6</b>	<b>36,6</b>	<b>23,3</b>	<b>14,1</b>	<b>64,0</b>
AT – 168	139,7	10,0	43,8	38,8	N/A	18,4	N/A
	168,3	10,0	66,0	66,0	N/A	26,0	N/A
	168,3	12,5	78,8	69,7	N/A	33,5	N/A
	168,3	16,0	94,7	N/A	N/A	43,2	N/A

1) Des propriétés structurelles différentes sont disponibles sur demande. Les systèmes couramment utilisés sont indiqués en gras. Les combinaisons non applicables (système et type de raccord) sont indiquées par « N/A ».

2) Nuance d'acier S355 conformément à la norme EN 10025-2 ou E355 conformément à la norme EN 10296-1. Autre possibilité : acier au carbone à la limite d'élasticité pratique requise de 355 [N/mm<sup>2</sup>].

3) Les valeurs pour  $M_y$  et  $M_{ult}$  dépendent du produit et sont confirmées par des certificats de contrôle de DSI Underground. Les rapports d'essais en laboratoire sont disponibles sur demande.

4) 95 % des valeurs de fractile déterminées à partir des résultats des essais de flexion en laboratoire effectués avec des échantillons conformément aux spécifications de test DSI Underground Austria.

## Spécifications en unités de mesure américaines courantes

Système <sup>1)</sup>	Nuance d'acier <sup>2)</sup>	Module d'élasticité	Limite d'élasticité	Diamètre externe	Épaisseur de paroi	Poids	Module de section	Moment quadratique
Type	[-]	[ksi]	[ksi]	[in]	[in]	[lb/ft]	[in <sup>3</sup> ]	[in <sup>4</sup> ]
AT – 76	E355 ou S355	30 458	≥ 51,5	3,0	0,25	7,3	1,34	2,04
AT – 89				3,5	0,20	7,0	1,59	2,79
				<b>3,5</b>	<b>0,25</b>	<b>8,6</b>	<b>1,95</b>	<b>3,36</b>
AT – 114				3,5	0,31	10,8	2,32	4,04
				4,5	0,20	9,1	2,75	6,17
				<b>4,5</b>	<b>0,25</b>	<b>11,3</b>	<b>3,36</b>	<b>7,52</b>
				4,5	0,31	14,1	4,03	9,11
AT – 139				5,5	0,20	11,2	4,21	11,56
				<b>5,5</b>	<b>0,25</b>	<b>13,9</b>	<b>5,13</b>	<b>14,15</b>
				<b>5,5</b>	<b>0,31</b>	<b>17,5</b>	<b>6,29</b>	<b>17,30</b>
				5,5	0,39	21,5	7,51	20,71
AT – 168				6,6	0,39	26,2	11,35	37,58
	6,6	0,49	32,3	13,55	44,88			
	6,6	0,63	40,4	16,29	53,91			

Système <sup>1)</sup>	Diamètre externe	Épaisseur de paroi	Moment élastique maximal $M_y$ <sup>3)</sup>				Moment ultime (plastique) $M_{ult}$ <sup>3)</sup>
			Tube standard	Manchon à enficher	Raccord à emboîtement	Raccord fileté (tubes calibrés)	Raccord à emboîtement <sup>4)</sup>
Type	[in]	[in]	[lb-ft]	[lb-ft]	[lb-ft]	[lb-ft]	[lb-ft]
AT – 76	3,0	0,25	5,83	N/A	N/A	2,14	N/A
AT – 89	3,5	0,20	6,86	N/A	4,35	N/A	11 360
	<b>3,5</b>	<b>0,25</b>	<b>8,26</b>	<b>N/A</b>	<b>4,79</b>	<b>3,02</b>	<b>16 005</b>
AT – 114	3,5	0,31	9,88	N/A	N/A	3,98	N/A
	4,5	0,20	11,8	11,80	7,74	N/A	21 610
	<b>4,5</b>	<b>0,25</b>	<b>14,31</b>	<b>14,23</b>	<b>8,92</b>	<b>5,09</b>	<b>24 415</b>
	4,5	0,31	17,41	14,23	9,74	6,86	30 830
AT – 139	5,5	0,20	18,00	18	12,91	N/A	30 240
	<b>5,5</b>	<b>0,25</b>	<b>22,05</b>	<b>22,05</b>	<b>15,05</b>	<b>7,67</b>	<b>36 880</b>
	<b>5,5</b>	<b>0,31</b>	<b>26,99</b>	<b>26,99</b>	<b>17,19</b>	<b>10,40</b>	<b>47 205</b>
	5,5	0,39	32,31	28,62	N/A	13,57	N/A
AT – 168	6,6	0,39	48,68	48,68	N/A	19,18	N/A
	6,6	0,49	58,12	51,41	N/A	24,71	N/A
	6,6	0,63	69,85	N/A	N/A	31,86	N/A

1) Des propriétés structurelles différentes sont disponibles sur demande. Les systèmes couramment utilisés sont indiqués en gras. Les combinaisons non applicables (système et type de raccord) sont indiquées par « N/A ».

2) Nuance d'acier S355 conformément à la norme EN 10025-2 ou E355 conformément à la norme EN 10296-1. Référence : acier au carbone avec une limite d'élasticité minimale de 51,5 [ksi].

3) Les valeurs pour  $M_y$  et  $M_{ult}$  dépendent du produit et sont confirmées par des certificats de contrôle de DSI Underground. Les rapports d'essais en laboratoire sont disponibles sur demande.

4) 95 % des valeurs de fractile déterminées à partir des résultats des essais de flexion en laboratoire effectués avec des échantillons conformément aux spécifications de test DSI Underground Austria.

## Installation par autoforage efficace

### Méthode d'installation

Installation du système de tubes AT pour voûte parapluie :

- Par autoforage
- Élément par élément
- À l'aide de machines de forage conventionnelles
- Par forage par roto-percussion hydraulique

Le refroidissement, l'évacuation et le refoulement des débris sont réalisés à l'intérieur des prétubages au moyen d'eau ou d'une brume air/eau.

L'installation par autoforage se caractérise par une relaxation des contraintes le plus faible possible grâce à un soutènement immédiat de la paroi du trou de forage

pendant l'installation et par une installation précise grâce à un espace annulaire réduit au minimum.

Il est possible d'ajuster la longueur des tubes pour voûte parapluie installés en fonction des exigences du projet ou de l'équipement.

### Unité de démarrage

Un facteur essentiel du succès du système de soutènement au moyen de tubes AT pour voûte parapluie est l'unité de démarrage :

- Les forets à pleine section à usage unique garantissent la même qualité pour chaque processus de forage

- Direction de forage stable du fait de la stabilité de l'orientation du foret
- Raccord et déconnexion simples de l'adaptateur de foret
- Refoulement prouvé de l'eau à l'intérieur des tubes

- Impossible de perdre ou de bloquer un foret : conditions préalables optimales pour atteindre la profondeur de forage totale à tous les coups
- L'embout (foret) de l'unité de démarrage peut être adapté à des conditions de sol effectives



## Procédure d'installation à l'aide de l'unité d'automatisation de tubes AT pour voûte parapluie

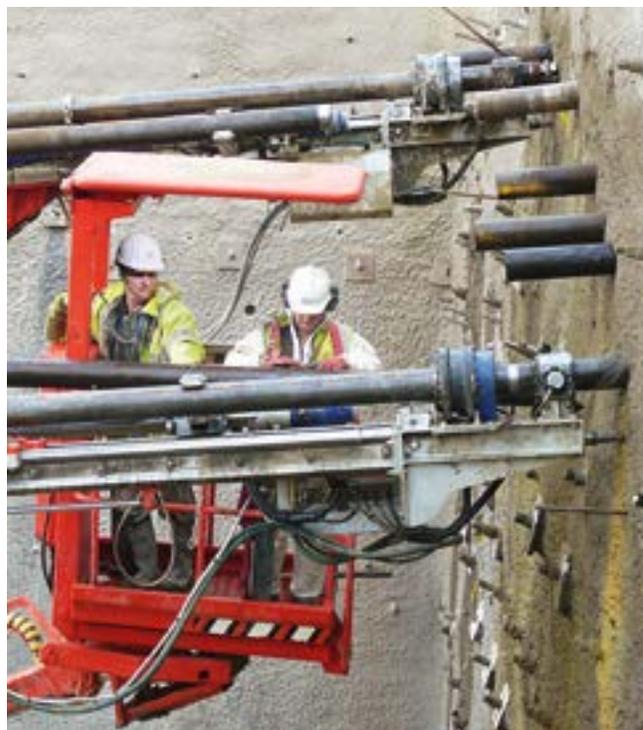


1. Pour le forage, l'unité de démarrage avec foret équipée d'un foret est assemblée sur une flèche de forage avec le tube de rallonge AT, l'adaptateur AT et la tige de forage.

2. Installation du premier tube de rallonge.



3. La tige de forage suivante avec le tube de rallonge est raccordée au tube précédemment installé et le processus de forage se poursuit. Rechargement de l'unité d'automatisation AT (tube de rallonge et tige de forage).



4. La dernière étape doit être répétée jusqu'à ce que la longueur prévue de la voûte parapluie AT ait été installée. Ensuite, l'adaptateur de foret et la tige de forage en acier sont retirés.

## Unité d'automatisation de tubes AT pour voûte parapluie

### Principaux avantages

- Compatible avec tous les jumbos standard
- Temps de manipulation plus courts grâce à une alimentation précise et mécanisée
- Construction plus rapide d'un système de soutènement par voûte parapluie
- Sécurité au travail accrue
- Aucune manipulation à proximité des éléments mobiles de la machine de forage
- Recharge simple des tubes de rallonge via un panier de chargement
- Alimentation radiocommandée
- Moins de main-d'œuvre nécessaire
- Utilisation optimale de l'espace de travail
- Profilés en dents de scie plus petits pour un volume d'excavation réduit



### Installation mécanisée – Choix du degré requis

Mode d'installation/caractéristiques	Type de raccord pour tubes	Degré de mécanisation	Étapes de travail mécanisées
Installation conventionnelle	Fileté	0 %	N/A
Unité de filetage	Fileté	50 %	Raccord pour tubes, serrage de la tige de forage en acier (clé)
Unité de serrage	À emboîtement	50 %	Raccord pour tubes, serrage de la tige de forage en acier (clé)
Unité d'automatisation AT	Fileté ou à emboîtement	100 %	Raccord pour tubes, serrage de la tige de forage en acier (clé), raccord de la tige de forage, alimentation du tube et de la tige de forage

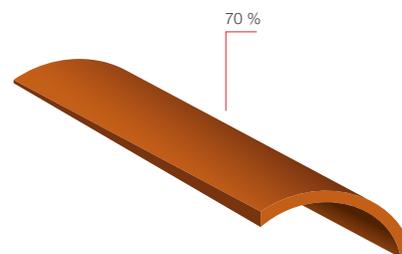
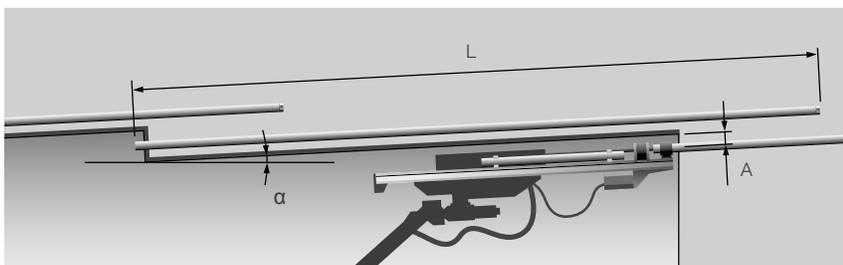


## Comparaison de la consommation de tubes et de la surexcavation

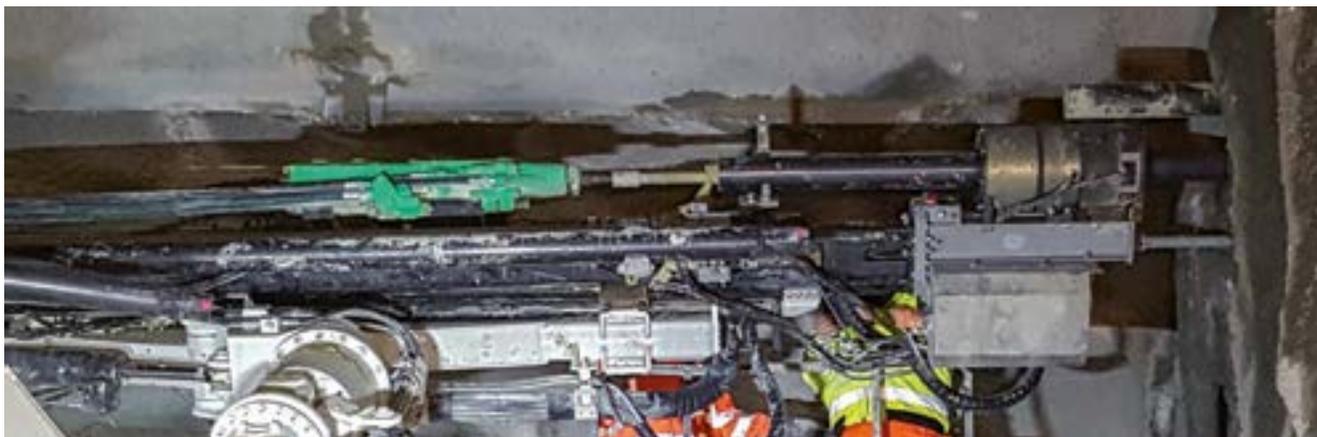
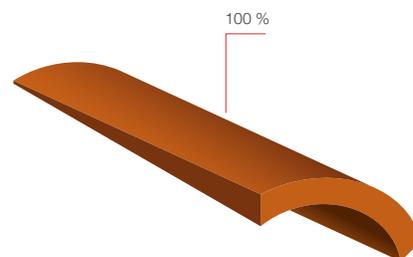
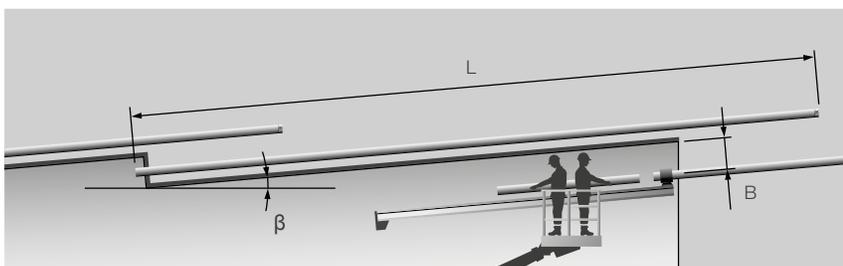
- Différentes longueurs de voûte parapluie, installation conventionnelle et mécanisée
- Excavation vers le haut sur un rayon de 6 [m] (19,5 [ft]) et une longueur d'avancement de 1 [m] (3,3 [ft])
- Tube AT – 114 pour voûte parapluie, distance du tube axial de 500 [mm] (19,5 [in]), recouvrement sur 3,5 [m] (11,5 [ft])

Longueur de voûte parapluie L	Tubes par voûte parapluie	Étapes d'excavation par voûte parapluie	Tubes installés par voûte parapluie		Installation mécanisée				Installation conventionnelle				
			[m]	[m/m]	Hauteur libre A	Inclinaison $\alpha$	Surexcavation en dents de scie		Hauteur libre B	Inclinaison $\beta$	Surexcavation en dents de scie		
[m]	[1]	[1]	[m]	[m/m]	[mm]	[°]	[m³]	[m³/m]	[mm]	[°]	[m³]	[m³/m]	
12		8	360	45,0	100		6,0	63,1	7,9		8,1	89,2	11,2
15	30	11	450	40,9	91	300	4,4	85,6	7,8	600	5,9	121,1	11,0
18		14	540	38,6	86		3,5	108,1	7,7		4,7	153,0	10,9
[ft]	[1]	[1]	[ft]	[ft/ft]	[%]	[in]	[°]	[ft³]	[ft³/ft]	[in]	[°]	[ft³]	[ft³/ft]
39,4		8	1 181	147,6	100		6,0	2 228	279		8,1	3 150	394
49,2	30	11	1 476	134,2	91	11,8	4,4	3 023	275	23,6	5,9	4 277	389
59,1		14	1 772	126,5	86		3,5	3 818	273		4,7	5 403	386

### Installation mécanisée



### Installation conventionnelle



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

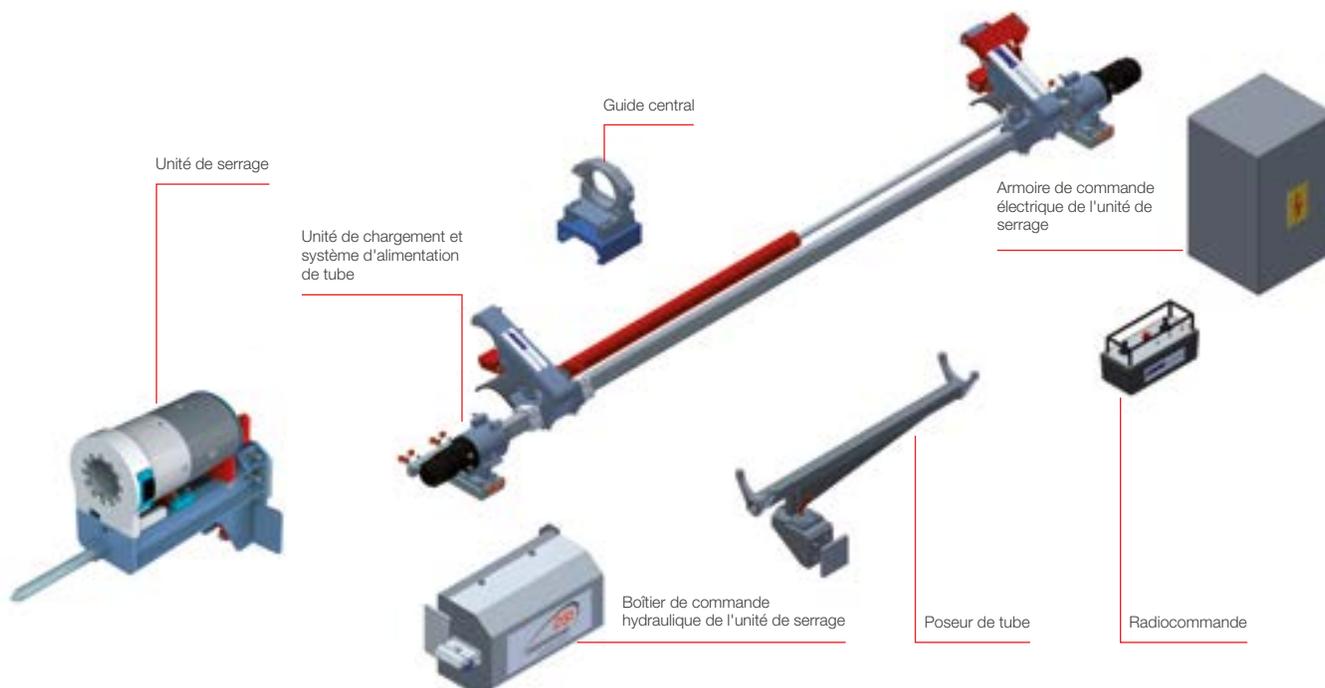
Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

## Groupes d'assemblage - Unité de serrage



### Spécifications en unités SI

Caractéristiques/groupe d'assemblage	Dimensions	Poids
[-]	(L x l x h) [mm]	[kg]
Poseur de tube	1 040 x 230 x 350	28
Unité de serrage	1 165 x 380 x 750	200
Unité de chargement et système d'alimentation de tube	3 650 x 460/780 x 430/570	160
Guide central	155 x 260 x 230	12
Boîtier de commande hydraulique de l'unité de serrage	550 x 275 x 345	60
Armoire de commande électrique de l'unité de serrage	395 x 615 x 355	35
Radiocommande	250 x 140 x 180	2,3

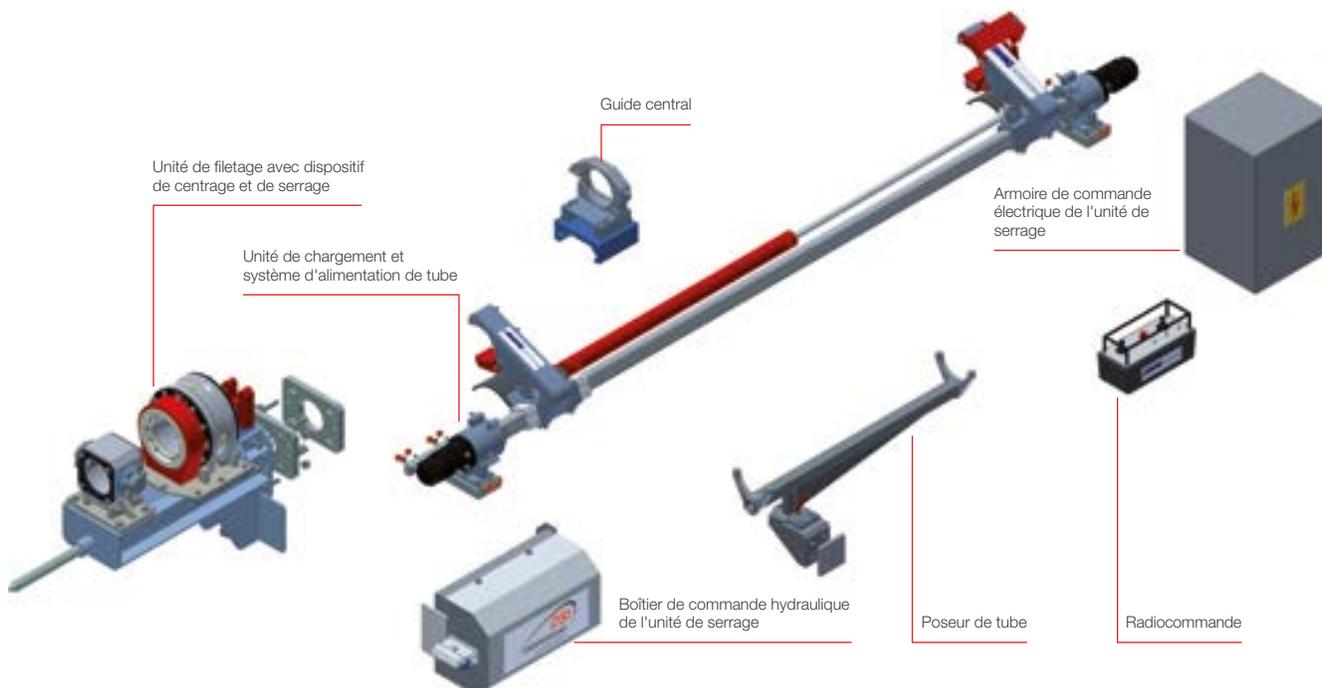
Caractéristiques	Unité	Valeur	Remarques
Poids total (brut)	[kg]	500-520	Déviations possibles selon le type
Alimentation électrique	[V]	24	CC
Alimentation hydraulique	[L/min]	20-25	À env. 200 [bar]

### Spécifications en unités de mesure américaines courantes

Caractéristiques/groupe d'assemblage	Dimensions	Poids
[-]	(L x l x h) [in]	[lb]
Poseur de tube	40,9 x 9,1 x 13,8	62
Unité de serrage	45,9 x 15,0 x 29,5	441
Unité de chargement et système d'alimentation de tube	143,7 x 18,1/30,7 x 16,9/22,4	353
Guide central	6,1 x 10,2 x 9,1	27
Boîtier de commande hydraulique de l'unité de serrage	21,6 x 10,8 x 13,8	133
Armoire de commande électrique de l'unité de serrage	15,6 x 24,2 x 14,0	77
Radiocommande	9,8 x 5,5 x 7,1	5

Caractéristiques	Unité	Valeur	Remarques
Poids total (brut)	[lb]	1 100-1 150	Déviations possibles selon le type
Alimentation électrique	[V]	24	CC
Alimentation hydraulique	[gal/min]	5,3-6,6	À env. 2 900 [psi]

## Groupes d'assemblage - Unité de filetage



### Spécifications en unités SI

Caractéristiques/groupe d'assemblage	Dimensions	Poids
[-]	(L x l x h) [mm]	[kg]
Poseur de tube	1 040 x 230 x 350	28
Unité de filetage avec dispositif de centrage et de serrage	1 165 x 370 x 740	160
Unité de chargement et système d'alimentation de tube	3 650 x 460/780 x 430/570	160
Guide central	155 x 260 x 230	12
Boîtier de commande hydraulique de l'unité de filetage	550 x 275 x 345	60
Armoire de commande électrique de l'unité de filetage	395 x 615 x 355	35
Radiocommande	250 x 140 x 180	2,3

Caractéristiques	Unité	Valeur	Remarques
Poids total (brut)	[kg]	460-490	Déviations possibles selon le type
Alimentation électrique	[V]	24	CC
Alimentation hydraulique	[L/min]	15-20	À env. 170 [bar]

### Spécifications en unités de mesure américaines courantes

Caractéristiques/groupe d'assemblage	Dimensions	Poids
[-]	(L x l x h) [in]	[lb]
Poseur de tube	40,9 x 9,1 x 13,8	62
Unité de filetage avec dispositif de centrage et de serrage	45,9 x 14,6 x 29,1	353
Unité de chargement et système d'alimentation de tube	143,7 x 18,1/30,7 x 16,9/22,4	353
Guide central	6,1 x 10,2 x 9,1	27
Boîtier de commande hydraulique de l'unité de filetage	21,6 x 10,8 x 13,8	133
Armoire de commande électrique de l'unité de filetage	15,6 x 24,2 x 14,0	77
Radiocommande	9,8 x 5,5 x 7,1	5

Caractéristiques	Unité	Valeur	Remarques
Poids total (brut)	[lb]	1 010-1 080	Déviations possibles selon le type
Alimentation électrique	[V]	24	CC
Alimentation hydraulique	[gal/min]	4,0-5,3	À env. 2 500 [psi]

À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

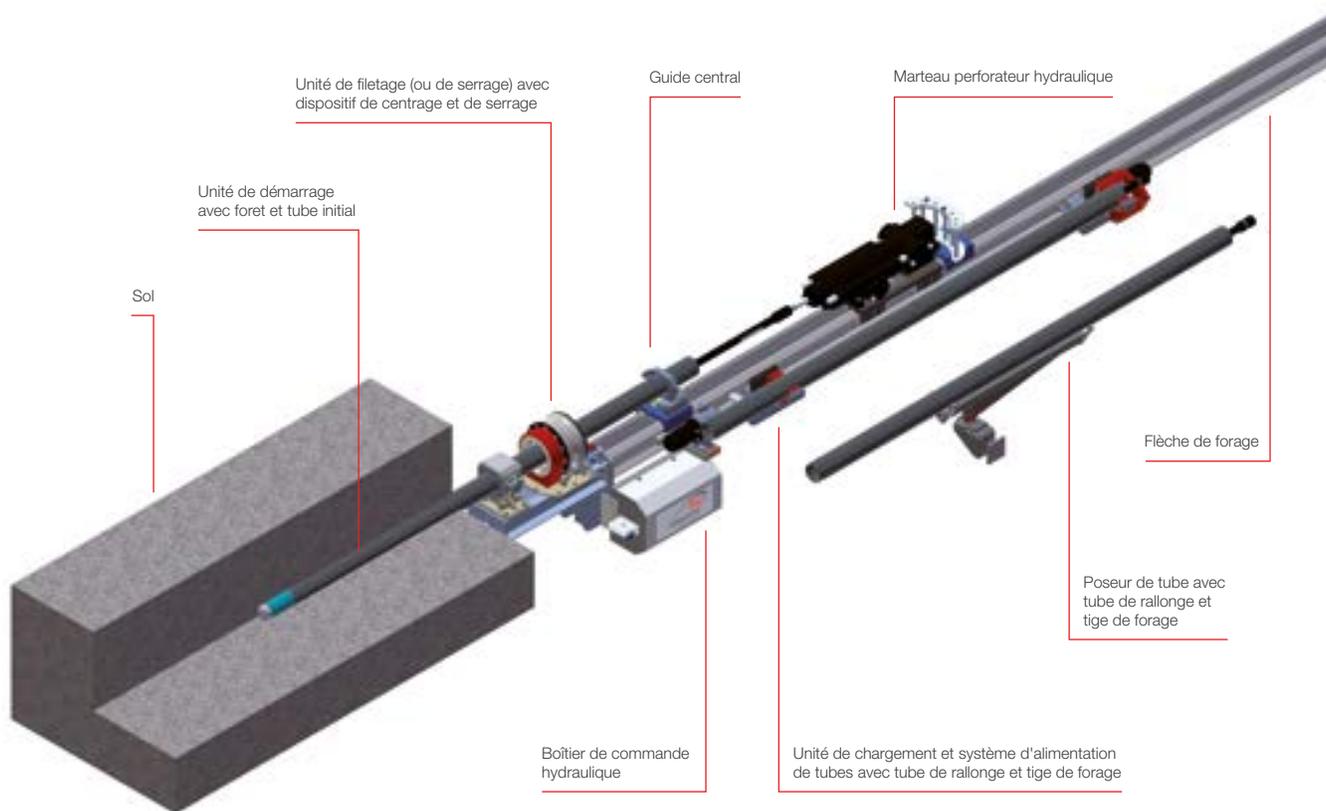
Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

## Groupes d'assemblage montés



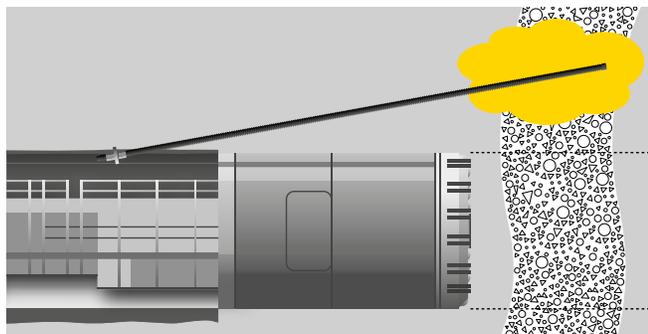
## Accessoires

- 1 Débitmètre-pressiomètre d'injection
- 2 Dispositif d'injection
- 3 Pompe à mélange de coulis
- 4 Systèmes d'injection DSI
- 5 Taraud de repêchage
- 6 Clé de serrage pour tiges de forage
- 7 Clé serre-tube à chaîne
- 8 Mesures en ligne de chaîne inclinométrique
- 9 Mesures en ligne pour fibre de verre
- 10 Équipements de forage de roche : adaptateur de foret, raccord et adaptateur de raccord



## Forage mécanisé de tunnels

Le système de tubes AT pour voûte parapluie peut être associé avec des tubes de rallonge en fibre de verre ou en PVC pour une application en forage de tunnel mécanisé.



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

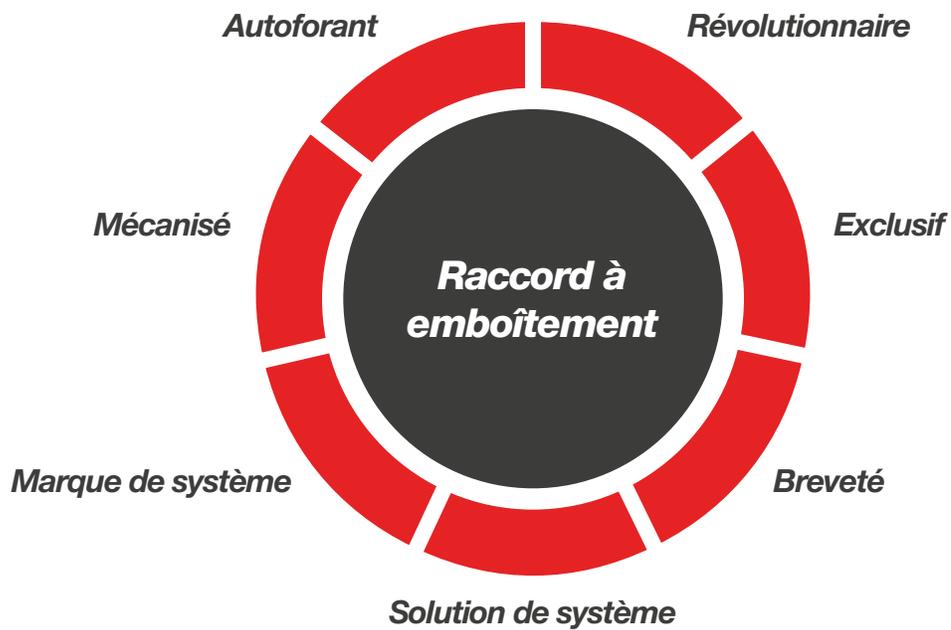
Index des produits

## Références :

- Volkmann, G.M. 2004 : A Contribution to the Effect and Behavior of Pipe Roof Supports. In proceedings of the EUROCK 2004 & 53<sup>rd</sup> Geomechanics Colloquium
- Volkmann, G.M., & W. Schubert 2006. Optimization of excavation and support in pipe roof supported tunnel sections. In proceedings of the 32<sup>nd</sup> ITA-AITES World Tunneling Congress, Seoul, 2006, 404 ff
- Volkmann, G.M et W. Schubert 2006 : Contribution to the Design of Tunnels with Pipe Roof Support. In Proc. of 4<sup>th</sup> Asian Rock Mechanics Symposium, ISRM International Symposium. eds. Leung C.F. & Zhou Y.X., ISBN 981-270-437-X World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 8<sup>th</sup> - 10<sup>th</sup> November 2006
- Volkmann, G.M. & W. Schubert 2007 : « Geotechnical Model for Pipe Roof Supports in Tunneling. » In proceedings of the 33<sup>rd</sup> ITA-AITES World Tunneling Congress, Underground Space – the 4<sup>th</sup> Dimension of Metropolises, Volume 1. eds. J. Bartak, I.Hrdina, G.Romancov, J. Zlamal, Prague, Czech Republic, 5-10 May 2007, Taylor & Francis Group, ISDN: 978-0- 415-40802. app. 755-760
- Volkmann, G.M. & W. Schubert 2008 : « Tender Document Specifications for Pipe Umbrella Installation Methods. » In proceedings of the 34<sup>th</sup> ITA-A ITES World Tunneling Congress, Agra, India, 22-24 September 2008, pp. 285-293
- Volkmann G.M. & Schubert W. 2010 : « A load and load transfer model for pipe umbrella support. » In proceedings of EUROCK 2010, Rock Mechanics in Civil and Environmental Engineering – Zhao, Labiouse, Dudt & Mathier (éd.), © 2010 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-58654-2, pp. 379-382
- Volkmann, G.M. 2013 : « The AT – Casing System – more than a Pipe Umbrella System. » In proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference Underground Construction Prague 2013. Czech Republic, Prague, 22–24 April 2013, ISBN : 978-80-260-3868-9
- Volkmann, G.M. 2014 : « Development of State-of-the-Art Connection Types for Pipe Umbrella Support Systems. » In proceedings of the 15<sup>th</sup> Australasian Tunneling Conference 2014, Sydney, Australia, 17-19 September 2014, pp. 333-338
- Volkmann, G.M., Moritz, B., Schneider, K.M., 2015 : « Application of the Pipe Umbrella Support System at the Koralm Tunnel KAT 3. » In Underground Design and Construction Conference 2015, Eds. G. Bridges, W.L. Siu & A. Dias, Hong Kong, China, 11-12 September 2015, The Institute of Materials, Minerals and Mining (Hong Kong Branch), ISBN 978-988-18778-8-8, pp. 313-321
- Volkmann, G.M. 2016 : Advanced Pre-Support for Cross Passages. In proceedings of the TAI-Workshop Best Practices for Safe Cross Passage – Investigation, Design, and Construction. New Delhi, India, September 8-9, 2016
- Volkmann, G.M. 2017 : « Function, Design, and Specifications for Pipe Umbrella Support Systems. » Doctoral Thesis, Graz University of Technology, Department of Civil Engineering, Institute for Rock Mechanics and Tunneling, Graz, Austria
- Volkmann G.M. & d. Glantschnegg, 2017 : « Optimization Potential Regarding Safety, Material, and Installation Time for Pipe Umbrella Installation Methods. » In proceedings of the 16th Australasian Tunnelling Conference 2017, Challenging Underground Space: Bigger, Better, More, 30 October – 1 November 2017; Sydney, Australia



*Vue d'ensemble du système de tubes AT pour voûte parapluie*



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

# Lances de vide AT – TUBESPILE™

## Introduction

La lance de vide AT – TUBESPILE™ fait partie de la famille de produits POWER SET. Le système consiste en un tube extérieur en acier avec un tube d'évacuation en PVC inséré après le forage. Le principal domaine d'application est l'assèchement temporaire ou semi-temporaire des sols autour de la géométrie d'excavation dans le cadre du forage de tunnels et de travaux de génie civil.

## Principaux avantages

- Installation à l'aide d'une machine de forage standard
- Composants de système simples et robustes
- Installation sûre et simple
- Assèchement par forage et installation du tubage en une seule étape opérationnelle
- Installation par autoforage préservant le sol



## Description du système

Les lances de vide AT – TUBESPILE™ sont installées par forage par roto-percussion en une seule étape à l'aide d'une flèche de forage conventionnelle. Une tige de forage à l'intérieur du tubage transfère l'énergie de forage au foret, qui est disponible soit sous forme d'un foret à bouton avec des inserts en carbure, soit sous forme d'un foret trempé en forme d'arc.

L'AT – TUBESPILE™ avec des ouvertures d'évacuation est poussé avec un adaptateur directement derrière le foret. Le refroidissement, l'évacuation et le refoulement des débris du trou de forage sont effectués à l'aide d'eau à l'intérieur du tube. Pour terminer l'installation, un tube filtrant en PVC est inséré dans le tubage. En cas d'assèchement sous vide, un flexible d'évacuation peut être fixé sur la lance de vide après l'installation.



## Composants du système

- Foret AT – TUBESPILE™
  - Forets à usage unique 52 [mm] (2 3/64 [in]) de diamètre, disponibles en version en forme d'arc ou en version à bouton.
- Lance de vide AT – TUBESPILE™
  - Ø 51 x 3,2 [mm] (Ø 2 x 1/8 [in]) avec orifices d'évacuation et filetage de raccordement
- Tige de forage POWER SET
  - Tige de forage spéciale pour une durée de vie élevée
- Adaptateur de raccord POWER SET
  - Transfert contrôlé de l'énergie de frappe sur l'AT – TUBESPILE™ et le foret
- Tube filtrant AT – TUBESPILE™
  - Largeur d'ouverture de fente personnalisée



### Lance de vide AT – TUBESPILE™ prête à l'emploi

## Spécifications <sup>1)</sup>

Système	Matériaux	Diamètre externe		Épaisseur de paroi		Poids		Longueurs standard	
		[mm]	[in]	[mm]	[in]	[kg/m]	[lb/ft]	[m]	[ft]
AT – TUBESPILE™ avec ouvertures d'évacuation	Acier <sup>2)</sup>	51	2,0	3,2	0,13	3,8	2,6	3 / 3,5 / 4 / 4,5	9,8 / 11,5 / 13,1 / 14,8
Tube filtrant	PVC <sup>3)</sup>	44	1,7	3,5	0,14	1,6	1,1	3,0	9,8

1) D'autres dimensions sont disponibles sur demande.

2) Nuance d'acier ≥ S235 conformément à la norme EN 10025-2 ou nuance d'acier de référence de 35 [ksi].

3) Largeur d'ouverture de fente de 0,6, 1,0 et 1,5 [mm] (1/32, 3/64 et 1/16 [in]) ; 3 fentes sur toute la circonférence du tube.

## Caractéristiques techniques

- L'installation par autoforage permet une application dans toutes les conditions de sol
- Possibilité d'adapter le nombre de trous d'évacuation et la taille de la fente du filtre
- Différents types de forets sont disponibles
- L'installation avec tubage garantit une installation correcte, même si les conditions du sol sont mauvaises ou changent fréquemment.
- Aucun espace annulaire et donc aucun tassement ou ameublissement lors de l'installation

À propos de nous  
 Boulons  
 Produits chimiques d'injection  
 Pré-soutènement et assèchement  
 Soutènement passif  
 Forage mécanisé de tunnels  
 Index des produits

## Procédure d'installation

1. Fixation de la lance de vide AT – TUBESPILE™ et du foret à usage unique AT – TUBESPILE™ sur le tige de forage POWER SET. Connexion de l'adaptateur de raccord POWER SET au marteau hydraulique.
2. Installation par autoforage par roto-percussion avec un foret à usage unique ; évacuation des débris par l'espace annulaire entre la tige de forage et le lance de vide AT – TUBESPILE™.
3. Achèvement du processus de forage après avoir atteint la profondeur de forage finale.
4. Retrait de la tige de forage POWER SET de la lance de vide AT – TUBESPILE™ installée. Le foret à usage unique reste à l'intérieur du trou.
5. Insertion d'un tube filtrant dans la lance de vide AT – TUBESPILE™.
6. En option : raccordement d'un tube d'évacuation et couplage à une pompe à vide.



## Accessoires

– Pompe à vide

– Systèmes d'injection DSI

– Garnitures d'étanchéité



# Systeme d'assèchement AT

## Introduction

Le système d'assèchement AT est utilisé pour l'assèchement profond et fait partie de la famille de produits SYSTÈME AT. Il est utilisé dans le cadre du forage de tunnels et des travaux de génie civil pour l'assèchement du sol environnant. Il se compose d'un tube intérieur en acier entouré d'un tube filtrant en PVC.

Le système d'assèchement AT peut être appliqué de manière temporaire ou semi-permanente. Parmi les exemples d'application, citons les travaux d'assèchement parallèlement à l'avancement des tunnels ou les pentes saturées d'eau.

## Principaux avantages

- Installation à l'aide de machines de forage conventionnelles
- L'exécution des travaux de forage peut être réalisée par le personnel sur place, guidé par les ingénieurs d'application.
- Installation par autoforage permettant de gagner du temps grâce au forage et au tubage simultanés
- L'installation est également possible sur des sols ruisselants ou qui s'effritent
- Longueur des tubes d'évacuation adaptable aux conditions d'espace limité

## Description du système

Le système d'assèchement AT est installé élément par élément au moyen d'un forage par roto-percussion à l'aide d'un équipement de forage. Le refroidissement, l'évacuation et le refoulement des débris ont lieu à l'intérieur du système de tubage.

Après l'installation, l'assèchement du sol environnant commence immédiatement. Si nécessaire, le système peut être raccordé à une pompe à vide.



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

## Composants du système

Unité de démarrage d'assèchement AT avec foret



Tube de rallonge d'évacuation AT



Tube d'extrémité d'évacuation AT



Adaptateur de foret



Adaptateur de raccord et tiges de forage



Capuchon d'extrémité avec soupape à bille



## Système d'assèchement AT prêt à l'emploi Unité de démarrage AT 76/DR avec tube de rallonge DR



## Spécifications <sup>1)</sup>

Système	Matériau du tube intérieur	Tube filtrant <sup>3)</sup>	Diamètre externe		Poids		Longueur de tube standard	
			[mm]	[kg/m]	[kg/m]	[lb/ft]	[m]	[ft]
AT – 76/DR	Acier <sup>2)</sup>	PVC	76,1	3,0	7,0	4,7	3,0	9,8
AT – 118/DR	Acier <sup>2)</sup>	PVC	118	4,7	22,7	15,3	3,05	10

1) D'autres dimensions sont disponibles sur demande.

2) Nuance d'acier  $\geq$  S235 conformément à la norme EN 10025-2 ou nuance d'acier de référence de 35 [ksi].

3) Largeurs d'ouverture de fente de 0,6 [mm], 1,0 [mm] et 1,5 [mm] (1/32, 3/64 et 1/16 [in]) ; 3 fentes sur toute la circonférence du tube.



## Caractéristiques techniques

- Adaptation rapide de la longueur des tubes d'évacuation par installation élément par élément
- Extension simple des tubes d'évacuation, même dans un espace restreint
- Grande précision directionnelle des opérations d'assèchement par forage
- Les tubes d'évacuation peuvent être rincés à des fins de nettoyage lorsqu'ils sont installés de manière permanente

## Procédure d'installation

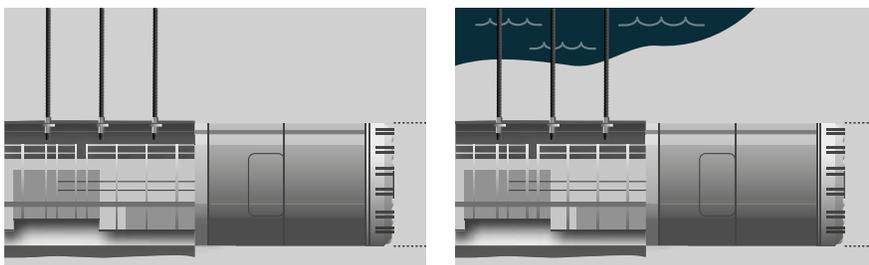
1. L'unité de démarrage comprenant le foret et le premier tube de rallonge d'évacuation à l'extérieur et l'adaptateur de foret avec la tige de forage à l'intérieur est préparée pour l'installation sur la flèche de forage.
2. Forage du premier tube de rallonge d'évacuation.
3. La tige de forage suivante, comprenant le tube de rallonge d'évacuation, est raccordée à la partie précédemment installée et est ensuite forée.
4. Répétez la dernière étape jusqu'à ce que la longueur finale du trou de forage pour l'assèchement soit atteinte.

## Accessoires

- Clé de serrage pour tiges de forage et clé serre-tube à chaîne
- Équipements de forage de roche : adaptateur de foret, raccord et adaptateur de raccord
- Taraud de repêchage
- Centralisateur

## Forage mécanisé de tunnels

Le système d'assèchement AT pour voûte parapluie peut être combiné avec des tubes de rallonge en fibre de verre ou en PVC pour une application dans les forages tunnels mécanisés.



# *Soutènement passif*





## Contenu

Introduction	195
<i>Nervures en acier</i>	200
<i>Poutres en treillis</i>	204
<i>Tôles de revêtement</i>	212
<i>Éléments LSC™</i>	222
<i>Système de soutènement BULLFLEX®</i>	226

## Introduction

Les systèmes de soutènement passif dans le cadre du forage de tunnels comprennent un groupe d'éléments de contrôle des terrains qui sont installés après l'excavation et à l'intérieur de la zone du tunnel, contrairement aux boulons qui sont installés dans le sol. Après l'installation, les éléments structurels supportent la charge sur l'ensemble de la section transversale ou le poids des blocs individuels. En général, les éléments de soutènement passif ne sont pas installés avec une charge appliquée, leur charge va de pair avec les déformations provoquées par l'excavation.

L'installation d'un soutènement passif suivie de déformations imposées du sol conduit au développement d'une force de soutènement dans le périmètre d'excavation. Cette force de soutènement augmente avec les déformations, jusqu'à ce qu'un état d'équilibre soit atteint. En fonction des conditions du sol et de la réaction du sol (courbe), il faut choisir un système de soutènement avec une ligne de

charge appropriée, par exemple rigide, élastique (ductile) ou, dans certains cas, même souple.

Un défi particulier pour l'application du soutènement passif est la compression ou le gonflement du sol, où le niveau de contrainte dépasse la résistance du sol ou même de la masse rocheuse. Les grandes déformations variables dans le temps nécessitent l'installation d'un système de soutènement élastique supplémentaire intégré au béton projeté ou au revêtement en béton, comme les éléments LSC™ (dispositif de contrôle des contraintes du revêtement).

Les systèmes de soutènement passif de DSI Underground utilisés pour le forage de tunnels comprennent différents types de nervures en acier et de poutres en treillis, de tôles de revêtement, d'éléments LSC™, ainsi que le système de soutènement BULLFLEX®. D'autres systèmes de soutènement passif couramment utilisés sont le béton projeté, le béton coulé sur place ou les segments de béton.

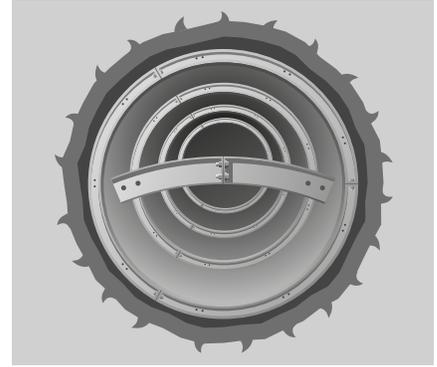
## Nervures en acier

Les nervures en acier sont des éléments de contrôle des terrains efficaces et sûrs dans le cadre du forage de tunnels. La sélection des types de sections et des dimensions se fait en fonction des exigences de la structure et du projet. Outre les nervures en acier cintrées sur mesure, il est également possible de fabriquer des poutres droites, des tôles d'enfilage et des garnissages en acier.

Les nervures en acier sont des éléments porteurs de grande capacité. Leur efficacité dépend donc de la qualité du blocage qui influence la transmission de la charge des nervures en acier au sol. L'utilisation de nervures en acier en combinaison avec le remblai de soutènement BULLFLEX® permet de

remédier à ce défaut et d'augmenter le taux d'utilisation du soutènement passif en acier. Pour les applications de soutènement soumises à de grandes déformations, un système de soutènement passif élastique tel que les profilés TH peut être nécessaire.

DSI Underground fabrique des poutres formées à froid pour les applications de soutènement souterrain depuis 1922, en appliquant des techniques éprouvées de mise en forme de l'acier requises dans l'industrie du forage de tunnels. Les techniques apprises pour façonner l'acier en vue d'en assurer la résistance, la performance et la valeur dans les tunnels et les puits du monde entier peuvent être appliquées à chaque projet.



Les applications typiques des nervures en acier sont les suivantes :

- Nervures de tunnel
- Anneaux de soutènement et structures de rupture
- Ensembles de soutènement et voûtes pour mine



## Poutres en treillis

Les poutres en treillis ont en partie les mêmes fonctions de base dans les tunnels que les soutènements en arcs d'acier. Elles font partie du revêtement temporaire qui soutient initialement l'excavation et, dans certains cas, sont intégrées au revêtement fini.

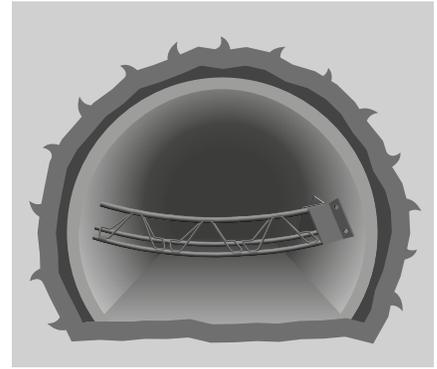
Les systèmes de poutres en treillis offrent une alternative très économique aux autres méthodes de soutènement pour une grande variété de conditions de sol.

L'utilisation de poutres en treillis doit être envisagée pour les projets où le béton projeté sera utilisé comme soutènement temporaire ou permanent. Il s'agit notamment de l'exploitation minière à travers des sols meubles, des fronts de taille et des roches mixtes, ou des tunnels dans lesquels les largeurs ou les hauteurs peuvent varier.

Les poutres en treillis s'appliquent aussi bien aux excavations circulaires qu'aux excavations en forme de fer à cheval, qu'elles soient enfoncées en pleine section ou avec la méthode de tête et de bancs.

Les poutres en treillis sont couramment utilisées pour :

- Excavation NATM (SEM)
- Système de soutènement passif pour la section transversale excavée
- Partie intégrante et de renforcement du revêtement en béton projeté
- Gabarit de profilé pour la géométrie d'excavation
- Support pour éléments de soutènement



## Tôles de revêtement

Les tôles de revêtement en acier, qui sont boulonnées ensemble pour former un revêtement, sont couramment utilisées pour fournir des revêtements de protection temporaires dans l'industrie du forage de tunnels. La première installation de tôles de revêtement en acier remonte à 1926 dans le Moffat Tunnel au Colorado (États-Unis), qui a été déclaré à l'époque comme la réalisation technique la plus remarquable de l'année. Les tôles de revêtement assurent la stabilité du tunnel et la sécurité des travailleurs jusqu'à ce qu'un soutènement plus permanent du sol puisse être installé.

Lorsque le sol se déforme pour tenter de combler l'ouverture, la tôle de revêtement est soumise à des contraintes radiales et, en se déformant, redistribue ces charges au sol environnant. L'injection de coulis derrière les tôles de revêtement a pour but de combler les éventuels espaces vides et d'assurer un contact uniforme avec la strate derrière les tôles.

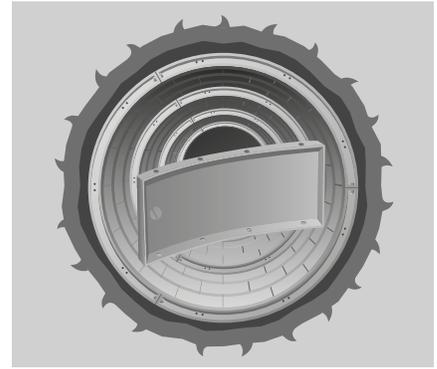
Dans certaines applications, la tôle de revêtement a également pour fonction de servir de plateforme ou de structure contre laquelle un (micro) tunnelier peut réagir pour développer la poussée nécessaire à l'excavation du front de taille.

Dans ce cas, les tôles de revêtement sont chargées axialement comme une colonne horizontale d'anneaux de tôles de revêtement boulonnés, créant une force de poussée contre l'ensemble des tôles de revêtement.

Source : Barczak et Smith (2002)

Les applications typiques des tôles de revêtement sont les suivantes :

- Soutènement en excavation conventionnelle
- Forage de tunnels dans un sol meuble
- Tunnels verticaux et inclinés
- Système de résistance à la charge de levage des tunneliers et des MTBM
- Soutènement de puits et de batardeaux
- Tôles de revêtement lisses : excavateurs à bouclier ou tunneliers
- Tôles de revêtement étanches : conditions hydrostatiques et réduction de l'entrée d'eau
- Tôles de revêtement coniques : utilisées pour les changements d'alignement, à la fois horizontalement et verticalement

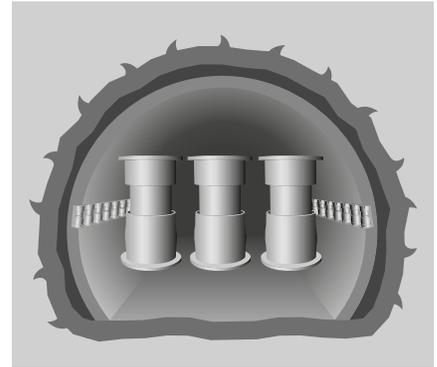


## Éléments LSC™

L'excavation souterraine dans un sol faible combiné à des terrains de couverture élevés entraîne souvent des déplacements importants. Dans ce cas, un système de soutènement passif rigide et de grande capacité n'est pas le bon choix en raison des contraintes de coût et de sécurité. Des dispositifs de contrôle de contraintes de revêtement, des systèmes de soutènement ductiles intégrés au revêtement en béton projeté,

ont été mis au point pour de telles conditions de sol.

Les déplacements et les propriétés du béton projeté dépendent du temps. Ceci doit être pris en compte dans la conception et la sélection des caractéristiques de réduction des forces des éléments LSC™. La charge du revêtement en béton projeté doit être inférieure à la résistance nominale, mais l'utilisation doit être maximisée.



L'application des éléments LSC™ augmente la sécurité au travail, limite les déplacements et évite les dommages supplémentaires au sol et au béton projeté. Outre l'utilisation de systèmes de soutènement ductiles tels que les éléments LSC™, l'installation de boulons ayant une capacité d'élasticité accrue est nécessaire.

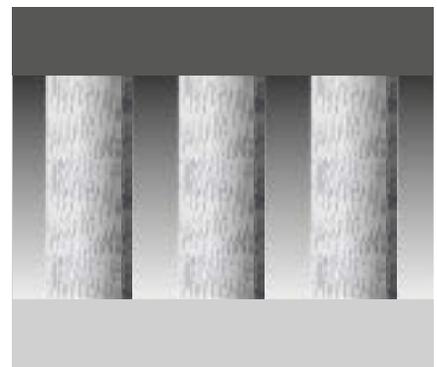
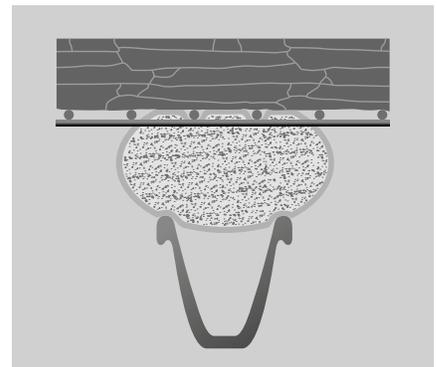
Les éléments LSC™ sont utilisés dans les conditions de sol suivantes :

- Zones de faille
- Gonflement du sol
- Compression du sol

## Système de soutènement BULLFLEX®

Le système de soutènement BULLFLEX® est disponible pour différentes applications :

- Piliers de soutènement
- Remblai et reprise en sous-œuvre des soutènements du toit
- Galeries et barrages
- Cloisons structurales
- Obturations
- Scellements structurels



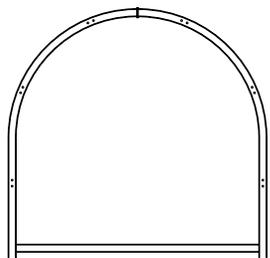
# Nervures en acier

## Principaux avantages

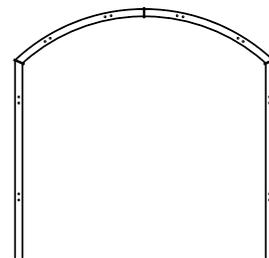
- Constructions de poutres formées à froid sur mesure
- Différents types de soutènements de nervures disponibles sur demande
- Adaptation flexible de la géométrie de la poutre à la section transversale excavée respective
- Sections TH et autres profilés de soutènement spéciaux disponibles sur demande
- Garnissage formé sur mesure résistant aux poussées des vérins de machine et aux charges d'impact

## Types de soutènement des nervures en acier

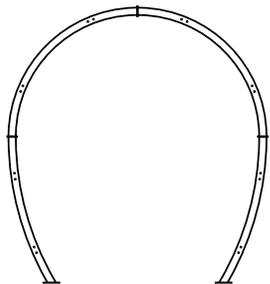
- Type 1 :  
fer à cheval 2 pièces  
avec radier en option



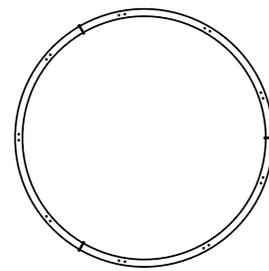
- Type 2 :  
fer à cheval modifié  
4 pièces



- Type 3 :  
fer à cheval 4 pièces



- Type 4 :  
circulaire 3 pièces



## Nervures de tunnel



## Anneaux de soutènement et structures de rupture



## Ensembles de soutènement et voûtes pour mines



## Ganissage en acier

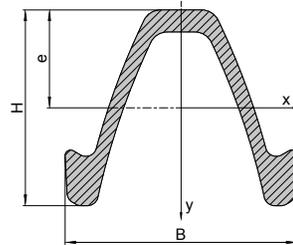


## Nervures en acier (EMEA)

### Profilé TH

- Acier pour soutènement de mine 31Mn4 conformément à la norme DIN 21544
- Courbé au profilé correspondant
- Les segments simples qui se recouvrent sont généralement reliés par deux verrous
- Différents types de verrous TH sont disponibles sur demande

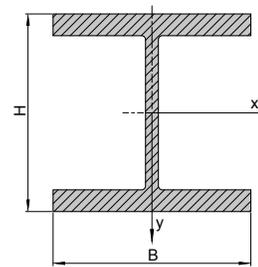
Valeur caractéristique/type	Symbole	Unité	TH 21	TH 25	TH 29	TH 36
Poids nominal	m	[kg/m]	21	25	29	36
Hauteur du profilé	H	[mm]	108	118	124	138
Largeur du profilé	B	[mm]	124	135	151	171
Axe neutre	e	[mm]	52	58	58	69
Module de section	$W_x$	[cm <sup>3</sup> ]	61	80	94	136



### Profilé HEB

- Profilé en I – poutre à rebord large
- Matière primaire S235JRG2 ou S355J2G3 conformément à la norme EN 10025-2
- Courbé au profilé correspondant
- Connexion des segments par l'intermédiaire de plaques d'amarrage disponibles en différentes versions
- Connexion alternative des segments contigus par des lacets
- Différents types de lacets et vis d'ancrage sont disponibles sur demande

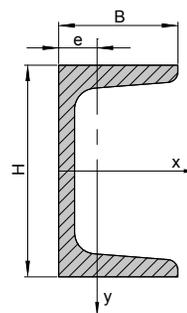
Valeur caractéristique/type	Symbole	Unité	HEB 100	HEB 120	HEB 140
Poids nominal	m	[kg/m]	20,9	27,4	34,5
Hauteur du profilé	H	[mm]	100	120	140
Largeur du profilé	B	[mm]	100	120	140
Module de section	$W_x$	[cm <sup>3</sup> ]	89,9	144,0	216,0
	$W_y$	[cm <sup>3</sup> ]	33,5	52,9	78,5



### Profilé UNP

- Profilé en U – rebords avec surfaces intérieures inclinées
- Matière primaire S235JRG2 ou S355J2G3 conformément à la norme EN 10025-2
- Courbé au profilé correspondant
- Connexion des segments par l'intermédiaire de plaques d'amarrage soudées et vissées ou de raccords à bride
- Différents types de lacets et vis d'ancrage sont disponibles sur demande

Valeur caractéristique/type	Symbole	Unité	UNP 80	UNP 100	UNP 120	UNP 140	UNP 160	UNP 180
Poids nominal	m	[kg/m]	8,6	10,6	13,4	16,4	18,8	22,0
Hauteur du profilé	H	[mm]	80	100	120	140	160	180
Largeur du profilé	B	[mm]	45	50	55	60	65	70
Axe neutre	e	[cm]	1,45	1,55	1,60	1,75	1,84	1,92
Module de section	$W_y$	[cm <sup>3</sup> ]	6,4	8,5	11,1	14,8	18,3	22,4



## ***Nervures en acier (Amérique du Nord)***

### ***Spécifications en unités de mesure américaines courantes***

- Plage de courbure : rayon minimum de 10 fois la profondeur de la poutre pour les sections de 4" et 6" et jusqu'à 14 fois pour les plus grandes sections I, WF et H de 4" à 27" (de 102 à 686 [mm]) de profondeur, pliées selon les exigences de projet
- Joints d'about
  - Hauteur : profondeur de nervure plus 1"
  - Largeur : largeur de la bride plus 1"
- Tirants
  - Tige ASTM A529 de  $\frac{3}{4}$ " de diamètre avec filetage NC de 4" aux deux extrémités
  - Longueur : espacement des nervures plus 6"
  - Largeur de poutre de 12" et plus : les épandeurs structurels sont recommandés
- Écarteurs pour tubes
  - Stock de tubes Schedule 40 de 2" de diamètre (pour des tirants de  $\frac{3}{4}$ " de diamètre)
  - Longueur : espacement des nervures moins l'épaisseur de l'âme



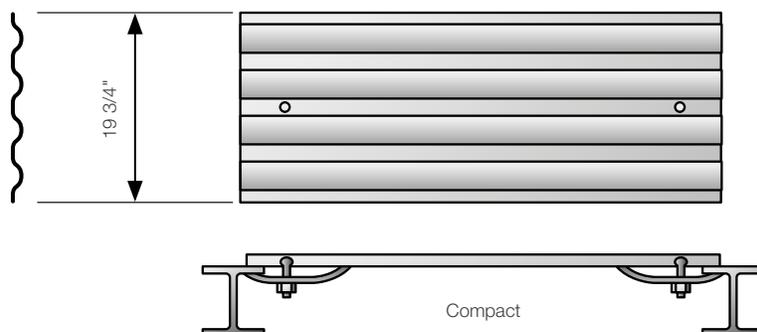
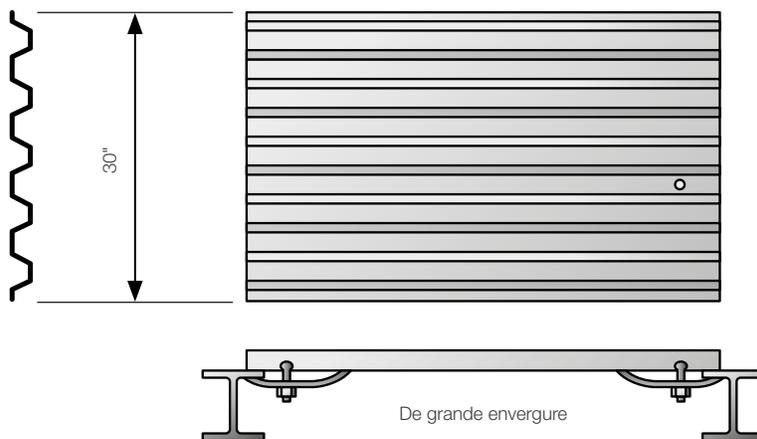
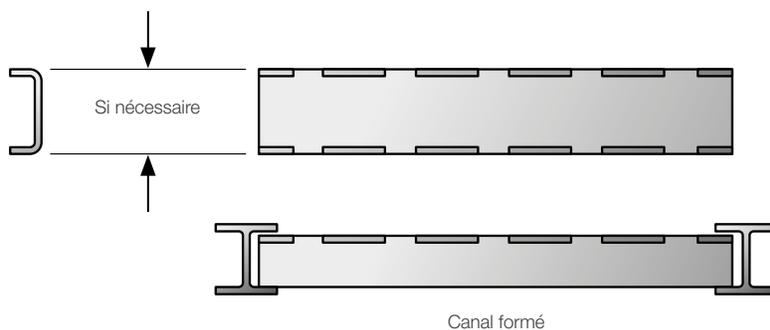
## Plaques d'assemblage et de base

Valeur caractéristique	Unité	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Épaisseur du joint d'about	[in]	3/8	3/8	1/2	5/8	3/4	1
Quantité de boulons <sup>1)</sup>	[1]	2	2	2	4	4	6
Diamètre du boulon <sup>1)</sup>	[in]	3/4	1	1	1	1	1
Dimensions de la plaque de base	[in]	1/2" x 7" x 7"	5/8" x 9" x 9"	5/8" x 9" x 9"	3/4" x 12" x 12"	1" x 14" x 14"	1 1/4" x 16" x 16"

1) ASTM A325. Pour des conditions de chargement standard ; des charges plus élevées peuvent nécessiter un joint à résistance maximale.

### Garnissage en acier (Amérique du Nord)

- Fabriqué sur mesure pour remplacer le garnissage en bois
- Placement sur le rebord intérieur ou extérieur
- Type compact ou de grande envergure
- Attache pour garnissage : calibre de 3" x 5" x 5" avec trou carré ou rond
- Boulon de carrosserie de 5/8" de diamètre avec écrou



# *Poutres en treillis*

## **Introduction**

Les poutres en treillis ont été développées pour répondre à des exigences particulières dans le domaine du forage de tunnels. Le système a été largement testé et utilisé avec succès pour de nombreux projets de forage de tunnels dans le monde entier.

Les poutres en treillis assurent un soutènement immédiat dans la zone de la travée ouverte. Contrairement aux poutres à âme pleine standard, les poutres en treillis sont entièrement intégrées dans le revêtement en béton projeté. Les zones poreuses et les zones non couvertes par du béton projeté sont évitées.

La capacité de charge des poutres en treillis a été étudiée à l'aide de divers essais de chargement et d'une analyse numérique. La flexibilité concernant la géométrie et la capacité portante caractérise ce système de soutènement passif pour les applications souterraines.



## **Principaux avantages**

- Soutènement immédiat dans la zone d'excavation
- Action de soutènement statique partiel même sans incorporation de béton projeté
- Utilisation comme gabarit pour l'application de béton projeté
- Assemblage facile et rapide
- Manipulation et installation simples par une petite équipe
- Adhérence et interconnexion optimales avec le revêtement en béton projeté
- Ajustement et façonnage simples de la géométrie de l'excavation
- Support idéal pour les pointes et les plaques de garnissage
- Les pointes peuvent être installées au-dessus ou à travers les poutres en treillis.
- Inutile d'investir dans de gros équipements



## Description du système

- Éléments porteurs répondant aux exigences particulières du forage de tunnels
- Application en combinaison avec le béton projeté
- Construction spatiale de poutres à 3 ou 4 barres, reliées par des éléments de renfort (araignées ou barres d'armature soudées).
- Réduction des longueurs de flambement des poutres par des éléments de renfort
- Poutre à 3 barres : barre unique par défaut du côté de l'excavation
- Poutre à 4 barres : application comme poutre de plaque murale ou poutre transversale renforcée
- Cavernes avec galeries secondaires : utilisation combinée de poutres à barres à 3 et 4 barres
- Assemblage du profilé de la poutre complète en reliant les éléments de la poutre simple
- Transmission de la charge avant même l'application du béton projeté
- Partie intégrante de l'élément de soutènement en béton projeté
- Adhérence prouvée selon les principes de conception du béton armé

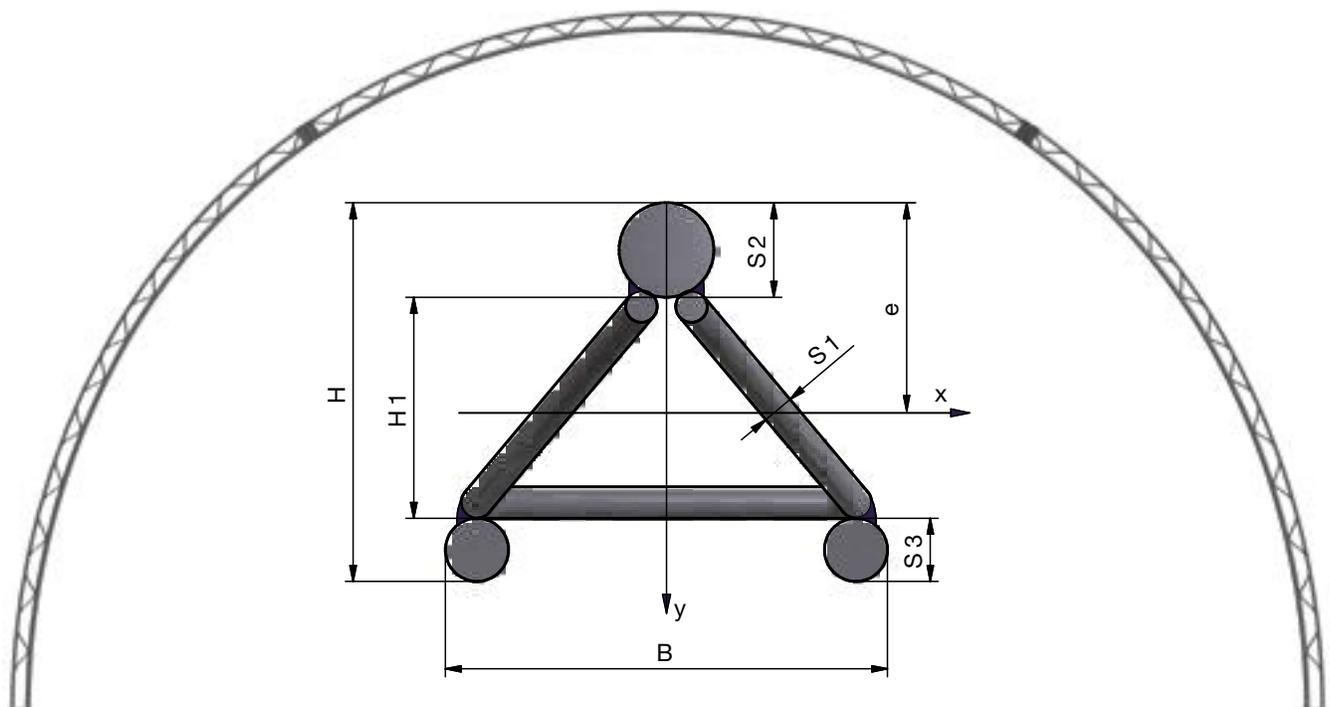


## Composants du système

Les composants du système varient en fonction des normes régionales en matière d'acier (barres d'armature), de soudage et de fabrication. Cela s'applique notamment au type de renforts utilisés. Les deux types les plus courants sont les « araignées » et les renforts de barre d'armature soudés. Des spécifications détaillées figurent dans les brochures techniques locales sur les produits. Quel que soit le cas, le module de section ( $W$  ou  $S$ ) et/ou le

moment d'inertie ( $I$ ) sont les paramètres de conception à prendre en compte. Ce catalogue présente les spécifications standard des poutres araignées à 3 et 4 barres.

Toutefois, les types de poutres en treillis avec une plus grande variété de diamètres et de dimensions de barres d'armature, présentant des paramètres de conception équivalents, font partie du portefeuille de DSI Underground.



## Normes de fabrication

Région	Barres de poutre	Araignées ou renforts de barre d'armature	Raccords	Processus de soudage
Amérique du Nord	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier d'armature lisse de nuance spéciale</li> <li>- ASTM A572 de nuance 65</li> <li>- Limite d'élasticité <math>\geq 70</math> [ksi] (480 [MPa])</li> <li>- Résistance à la traction <math>\geq 80</math> [ksi] (550 [MPa])</li> <li>- Allongement <math>\geq 10</math> %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Araignées : ASTM A572 de nuance 70</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tôles : nuance ASTM A36 ou supérieure</li> <li>- Boulons de raccordement : ASTM A325N ou supérieure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformément aux exigences AWS pour le soudage à l'arc sous gaz avec fil plein (GMAW)</li> <li>- Soudeurs certifiés conformément à la norme AWS D1.1</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier d'armature lisse de nuance spéciale ASTM A615 nuance 75</li> <li>- Limite d'élasticité <math>\geq 75</math> [ksi] (520 [MPa])</li> <li>- Résistance à la traction <math>\geq 100</math> [ksi] (690 [MPa])</li> <li>- Allongement <math>\geq 7</math> %</li> <li>- Alternative : ASTM A615 nuance 60 déformé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Araignées : ASTM A615 de nuance 60</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boulons de raccordement : ASTM A307</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spécification de soudage AWS D1.4-98</li> <li>- Spécification du fil de soudure AWS A5.18 ER-70S-G</li> </ul>
Chili	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier d'armature nervuré (barre déformée)</li> <li>- Propriétés mécaniques : ASTM A615 de nuance 60 (norme chilienne NCH 204)</li> <li>- Propriétés chimiques : ASTM A706 (soudabilité améliorée, norme chilienne NCH 3334)</li> <li>- Limite d'élasticité <math>\geq 420</math> [MPa] (61 [ksi])</li> <li>- Résistance à la traction <math>\geq 630</math> [MPa] (91 [ksi])</li> <li>- Allongement <math>\geq 8</math> % (longueur de mesure de 200 [mm])</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Araignées : acier d'armature nervuré (barre déformée)</li> <li>- Spécifications : voir Barres de poutre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tôles et angles : nuance ASTM A36 ou équivalent</li> <li>- Boulons de raccordement : ASTM A325 ou supérieure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédé de soudage MIG (GMAW)</li> </ul>
Colombie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier d'armature nervuré (barre déformée)</li> <li>- Nuance NTC 2289 (ASTM A706/A706M)</li> <li>- Limite d'élasticité <math>\geq 420</math> [MPa] (60 [ksi])</li> <li>- Résistance à la traction <math>\geq 550</math> [MPa] (80 [ksi])</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Araignées : acier d'armature rond</li> <li>- NTC 161 nuance AH-24 (SAE 1015)</li> <li>- Limite d'élasticité <math>\geq 235</math> [MPa] (34 [ksi])</li> <li>- Résistance à la traction <math>\geq 363</math> [MPa] (53 [ksi])</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tôles et angles : nuance ASTM A36 ou équivalent</li> <li>- Boulons et écrous de raccordement : SAE J995 G8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformément aux exigences AWS pour le soudage à l'arc sous gaz avec fil plein (GMAW)</li> <li>- Soudeurs certifiés conformément à la norme AWS D1.1</li> </ul>
Argentine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier d'armature nervuré (barre déformée)</li> <li>- Nuance ADN 420 (soudable), IRAM-IAS-U-500-207</li> <li>- Limite d'élasticité <math>\geq 420</math> [MPa] (60 [ksi])</li> <li>- Résistance à la traction <math>\geq 500</math> [MPa] (73 [ksi])</li> <li>- Allongement <math>\geq 12</math> %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Araignées : acier d'armature nervuré (barre déformée)</li> <li>- Spécifications : voir Barres de poutre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tôles et angles : nuance ASTM A36 ou équivalent</li> <li>- Boulons de raccordement : ASTM A325 ou supérieure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformément aux exigences AWS pour le soudage à l'arc sous gaz avec fil plein (GMAW)</li> <li>- Soudeurs certifiés conformément à la norme AWS D1.1</li> </ul>
Pérou	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier d'armature nervuré (barre déformée)</li> <li>- Nuance ASTM A706 nuance 60</li> <li>- Limite d'élasticité <math>\geq 420</math> [MPa] (60 [ksi])</li> <li>- Résistance à la traction <math>\geq 550</math> [MPa] (80 [ksi])</li> <li>- Allongement <math>\geq 12</math> %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Araignées : acier d'armature nervuré (barre déformée)</li> <li>- Spécifications : voir Barres de poutre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tôles et angles : nuance ASTM A36 ou équivalent</li> <li>- Boulons de raccordement : ASTM A325 ou supérieure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformément aux exigences AWS pour le soudage à l'arc sous gaz avec fil plein (GMAW)</li> <li>- Soudeurs certifiés conformément à la norme AWS D1.1</li> </ul>
EMEA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier d'armature nervuré</li> <li>- B 500 B ou supérieure</li> <li>- DIN 488-1, OENORM B 4700 ou similaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renforts : DIN 488-1, OENORM B 4700 ou similaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tôles : S235 (EN 10025-2)</li> <li>- Boulons de raccordement : 8,8 (EN ISO 898-1) ou supérieur</li> <li>- Coup de serrage et précharge de montage admissibles pour les vis métriques de réglage : directive VDI n° 2 230, feuille 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spécifications d'usine de DSI Underground</li> </ul>
APAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier renforcé nervuré</li> <li>- AS 4671</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Araignées : A1018 ou supérieur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tôles : AS 3678-250</li> <li>- Assemblages de boulons structuraux : AS 1252</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformément à la norme AS 1554</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acier d'armature lisse de nuance spéciale ASTM A615 nuance 75</li> <li>- Limite d'élasticité <math>\geq 75</math> [ksi] (520 [MPa])</li> <li>- Résistance à la traction <math>\geq 100</math> [ksi] (690 [MPa])</li> <li>- Allongement <math>\geq 7</math> %</li> <li>- Alternative : ASTM A615 nuance 60 déformé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Araignées : ASTM A615 de nuance 60</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boulons de raccordement : ASTM A307</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spécification de soudage AWS D1.4-98</li> <li>- Spécification du fil de soudure AWS A5.18 ER-70S-G</li> </ul>

## Spécifications des poutres araignées à 3 barres

### Unités SI

Désignation	S1	S2	S3	Poids <sup>2)</sup>	H	B	A	W <sub>x</sub> <sup>3)</sup>
[H/S3-S2/B]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm]	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]
100/18-25/100	10	25	18	7,9	100	100	10,00	30
100/20-28/100	10	28	20	9,8			12,44	35
100/20-30/100	10	30	20	10,5			13,35	38
100/22-32/100	10	32	22	12,3			15,65	42
120/18-25/140	10	25	18	7,9	120	140	10,00	39
120/20-28/140	10	28	20	9,8			12,44	47
120/20-30/140	10	30	20	10,5			13,35	51
120/22-32/140	10	32	22	12,3			15,65	56
145/18-25/180	10	25	18	7,9	145	180	10,00	51
145/20-28/180	10	28	20	9,8			12,44	61
145/20-30/180	10	30	20	10,5			13,35	66
145/22-32/180	10	32	22	12,3			15,65	75
165/18-25/180	10	25	18	7,9	165	180	10,00	60
165/20-28/180	10	28	20	9,8			12,44	73
165/20-30/180	12	30	20	10,5			13,35	78
165/22-32/180	12	32	22	12,3			15,65	90
185/18-25/200	12	25	18	7,9	185	200	10,00	70
185/20-28/200	12	28	20	9,8			12,44	85
185/20-30/200	12	30	20	10,5			13,35	90
185/22-32/200	12	32	22	12,3			15,65	106
220/18-25/200	12	25	18	7,9	220	200	10,00	87
220/20-28/200	12	28	20	9,8			12,44	106
220/20-30/200	12	30	20	10,5			13,35	112
220/22-32/200	12	32	22	12,3			15,65	133

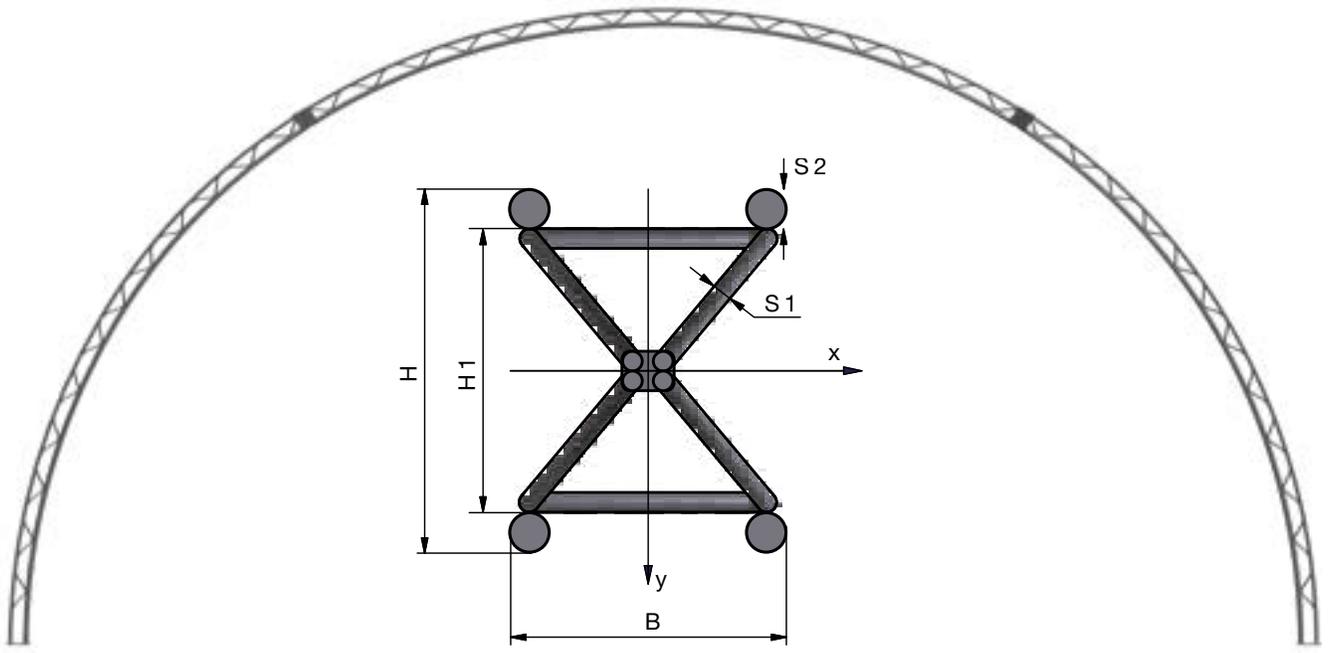
### Unités de mesure américaines courantes

Taille CPH1 <sup>1)</sup>		Taille de la barre d'armature			Poids <sup>2)</sup>	H	B	e	I <sub>x</sub>	S <sub>x</sub> <sup>3)</sup>	I <sub>y</sub>	S <sub>y</sub> <sup>3)</sup>
		S3	S2	S1								
[mm]	[in]	[#]	[#]	[in]	[lb/ft]	[in]	[in]	[in]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>3</sup> ]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>3</sup> ]
50	1,97	6	8	0,39	6,72	3,70	3,94	2,01	3,44	1,72	2,32	1,18
		6	10		8,26	3,94		1,88	4,68	2,23	2,40	1,22
70	2,75	6	8	0,39	6,95	4,50	5,50	2,42	5,54	2,30	5,06	1,85
		6	10		8,59	4,77		2,20	7,38	2,89	5,14	1,87
		8	11		11,93	5,16		2,69	12,11	4,47	8,23	2,99
95	3,75	6	8	0,39	7,07	5,50	7,09	2,94	8,94	3,04	8,95	2,53
		6	10		8,70	5,77		2,59	11,74	3,75	9,03	2,55
115	4,50	8	11	0,47	12,05	6,16	8,66	3,18	18,88	5,85	14,84	4,19
		6	8		7,94	6,25		3,37	12,18	3,64	13,91	3,21
		6	10		9,58	6,52		2,91	15,85	4,42	13,99	3,23
130	5,12	8	11	0,47	12,92	6,91	8,66	3,63	25,21	6,95	23,34	5,39
		6	8		7,76	6,87		3,67	15,02	4,09	13,91	3,21
		6	10		9,39	7,14		3,15	19,38	4,93	13,98	3,23
		8	11		12,73	7,53		3,93	30,62	7,79	23,34	5,39

1) Désignation : CPH1-S3-S2, p. ex. CP130-6-8.

2) Poids approximatif incluant les araignées (valeurs moyennes sans plaques d'assemblage ou de base).

3) Quotient du moment d'inertie et distance maximale entre l'axe neutre et la fibre extérieure.



## Spécifications des poutres araignées à 4 barres

### Unités SI

Désignation <sup>1)</sup>	Type	S1	S2	Poids <sup>2)</sup>	H	B	A	W <sub>x</sub> <sup>3)</sup>	W <sub>y</sub> <sup>3)</sup>
[PS1-S2]	(H <sub>1</sub> )	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm]	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]
P100-20	100	10	20	12,6	140	100	12,57	65	41
P100-25		10	25	18,2	150		19,63	103	57
P100-30		10	30	25,0	160		28,27	151	72
P100-36		10	36	34,8	172		40,72	223	90
P140-20	140	10	20	13,1	180	140	12,57	90	65
P140-25		10	25	18,7	190		19,63	141	94
P140-30		10	30	25,5	200		28,27	206	124
P140-36		10	36	35,2	212		40,72	301	162
P190-20	190	10	20	13,8	230	180	12,57	121	90
P190-25		10	25	19,4	240		19,63	190	132
P190-30		10	30	26,2	250		28,27	275	178
P190-36		10	36	36,0	262		40,72	399	238
P230-20	230	12	20	14,4	270	220	12,57	146	115
P230-25		12	25	19,9	280		19,63	229	170
P230-30		12	30	26,7	290		28,27	331	233
P230-36		12	36	36,5	302		40,72	479	316
P260-20	260	12	20	14,7	300	220	12,57	164	115
P260-25		12	25	20,2	310		19,63	258	170
P260-30		12	30	27,0	320		28,27	373	233
P260-36		12	36	36,8	332		40,72	539	316

### Unités de mesure américaines courantes

Taille CP H <sub>1</sub> <sup>1)</sup>		S1	Taille de la barre S2	Poids <sup>2)</sup>	H	B	Barres A	I <sub>x</sub>	S <sub>x</sub> <sup>3)</sup>	I <sub>y</sub>	S <sub>y</sub> <sup>3)</sup>
[mm]	[in]	[mm]	[#]	[lb/ft]	[in]	[in]	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>3</sup> ]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>3</sup> ]
100	3,94	10	5	7,61	5,19	3,94	1,2	6,42	2,47	3,40	1,72
			6	8,88	5,44		1,8	9,77	3,59	4,55	2,31
			7	10,23	5,69		2,4	14,04	4,94	5,75	2,92
			8	13,43	5,94		3,1	19,34	6,52	6,97	3,54
140	5,51	10	10	17,16	6,44	5,51	4,9	33,50	10,41	9,34	4,75
			5	7,88	6,76		1,2	11,54	3,42	7,32	2,66
			6	9,14	7,01		1,8	17,32	4,95	10,03	3,65
			7	10,51	7,26		2,4	24,55	6,77	12,98	4,72
180	7,09	10	8	13,71	7,51	7,09	3,1	33,38	8,90	16,10	5,86
			10	17,42	8,01		4,9	56,39	14,10	22,65	8,24
			5	8,51	8,34		1,2	20,28	4,64	12,85	3,63
			6	9,78	8,59		1,8	30,13	6,70	17,82	5,03
220	8,66	12	7	11,15	8,84	8,66	2,4	42,29	9,14	23,34	6,58
			8	14,35	9,09		3,1	56,94	11,99	29,32	8,27
			10	18,06	9,59		4,9	94,44	18,89	42,33	11,94
			5	9,80	9,91		1,2	28,45	5,55	19,84	4,58
220	8,66	12	6	11,06	10,16	8,66	1,8	42,06	8,01	27,71	6,40
			7	12,43	10,41		2,4	58,75	10,93	36,57	8,44
			8	15,63	10,66		3,1	78,74	14,32	46,29	10,65
			10	19,34	11,16		4,9	129,41	22,51	67,88	15,68

1) Désignation : CPH1-S2, par exemple CP100-8.

2) Poids approximatif incluant les araignées (valeurs moyennes sans plaques d'assemblage ou de base).

3) Quotient du moment d'inertie et distance maximale entre l'axe neutre et la fibre extérieure.

## ***Poutres de plaque murale***

- Les poutres à 4 barres peuvent être utilisées comme poutres de plaque murale pour les entraînements supérieurs
- Installation de poutres à 4 barres tournées axialement à 90° dans le sens longitudinal
- Les poutres de plaque murale servent de support et de gabarit de profilé pour l'installation de l'arc en poutre
- La connexion frontale résistante à la flexion permet à la tête de front d'avancer librement
- En même temps, les poutres de plaque murale sont considérées comme un système de soutènement statiquement efficace pour la poutre de pied



## Plaques d'assemblage et de base

### Poutres à 3 et 4 barres (Amérique du Nord)

Taille CP	Plaque d'assemblage			Plaque de base	
	Taille	Longueur	Poids de l'unité	Taille	Poids de l'unité
[mm]	[in]	[in]	[lb]	[in]	[lb]
50		4 9/16	3,2	3/8 x 5 x 5	2,7
		4 9/16	3,2		
70	L4 x 3 x 3/8	5 5/16	3,5	3/8 x 6 x 6	3,8
		5 1/2	3,7		
		5 3/4	3,9		
95		6 9/16	4,4	3/8 x 7 x 8	6,0
		6 3/4	4,6		
115	L5 x 3 x 1/2	7 11/16	8,0	3/8 x 8 x 9 1/2	8,1
		7 13/16	8,1		
		8 1/8	8,4		
		8 1/8	8,4		
130		8 5/16	8,6	3/8 x 8 x 9 1/2	8,1
		8 3/4	9,3		

Taille CP	Plaque d'assemblage			Plaque de base	
	Taille	Longueur	Poids de l'unité	Taille	Poids de l'unité
[mm]	[in]	[in]	[lb]	[in]	[lb]
100		5 1/4	5,6	1/2 x 5 x 7	5,0
		5 1/2	5,9		
		5 3/4	6,1		
		6	6,4		
140	L5 x 3 x 1/2	6 1/2	6,9	1/2 x 7 x 9	8,3
		6 3/4	7,2		
		7	7,5		
		7 1/4	7,7		
		7 1/2	8,0		
		8	8,5		
180		8 3/8	8,9	1/2 x 8 x 10 1/2	11,9
		8 5/8	9,2		
		8 7/8	9,5		
		9 1/8	9,7		
		9 5/8	10,3		
220		9 15/16	10,6	5/8 x 10 x 12	21,2
		10 3/16	10,9		
		10 7/8	11,1		
		10 11/16	11,8		
		11 3/16	11,9		



# Tôles de revêtement

## Introduction

Les tôles de revêtement en acier à 4 brides, système utilisé avec succès depuis 1926, offrent un soutènement léger, facile à manipuler et sûr pour le forage de tunnels en terrain meuble et la construction de puits. Elles sont fabriquées aux États-Unis (Louisville, Kentucky).

Les tôles de revêtement à 4 brides fabriquées par DSI Underground sont disponibles dans des largeurs comprises entre 400 et 610 [mm] (16" et 24"), ainsi qu'en version lisse ou cannelée. Les tôles de revêtement sont formées d'une seule pièce d'acier afin de fournir aux brides longitudinales et

circouférentielles des caractéristiques optimales de résistance à la charge et à la flexion.

Les tôles de revêtement à 4 brides peuvent être galvanisées, revêtues de bitume ou revêtues de polymère. Les trous de scellement et les bouchons peuvent également être revêtus. Pour des conditions particulières, des tôles de revêtement avec joints et des tôles de revêtement coniques peuvent également être fabriquées. Les tôles de revêtement sont installées en tant que structures autonomes ou en conjonction avec des nervures en acier si un soutènement supplémentaire est nécessaire.

Les diamètres standard des tunnels et des puits soutenus uniquement par des tôles de revêtement à 4 brides peuvent varier de 1,2 à 6,1 [m] (de 4" à 20").

La tôle de revêtement répartit et transmet simplement la charge au sol environnant. Lorsqu'un anneau de tôles de revêtement en acier est soumis à une charge verticale, il a tendance à se déformer vers l'intérieur en haut et vers l'extérieur sur les côtés. Ainsi, le sol résiste à la déflexion du revêtement en développant une force passive égale en magnitude et opposée en direction à la force exercée par celle du revêtement.

## Principaux avantages

- Optimisation des temps de cycle et des besoins en main-d'œuvre
- Résistance maximale et constante du soutènement passif avec un poids minimal de l'acier
- Système de soutènement sûr
- Facile à stocker, à manipuler et à mettre en place
- Conception flexible pour différentes géométries de tunnel et conditions de sol
- Composants du système résistants au feu
- Plaques d'étanchéité en option pour l'étanchéité des joints disponibles sur demande
- Les tôles de revêtement lisses à 4 brides de DSI Underground sont le seul type de tôle de revêtement capable de résister aux charges de forage des tunneliers sans aucun soutènement structurel supplémentaire



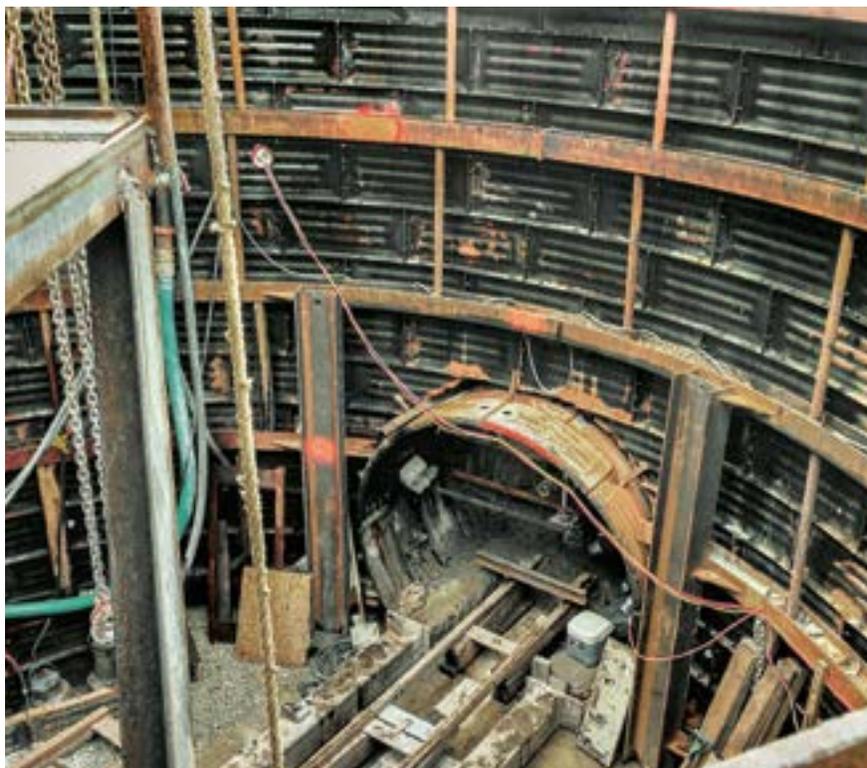
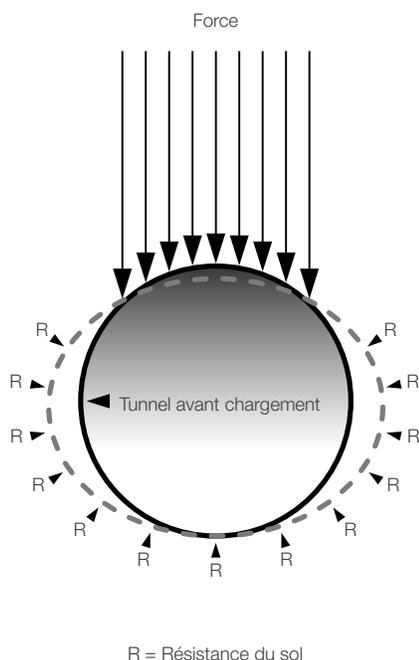
## Description du système

Les tôles de revêtement en acier à 4 brides constituent un soutènement relativement léger, facile à manipuler et sûr pour les forages de tunnels en sol meuble, car le sol qui fournit la charge offre également la résistance correspondante. La tôle de revêtement répartit et transmet simplement la charge au sol environnant. Lorsqu'un anneau de tôles de revêtement en acier est soumis à une charge verticale, il a tendance à se déformer vers l'intérieur en haut et vers l'extérieur sur les côtés. Le sol résiste à la déflexion du revêtement en développant une force passive égale en magnitude et opposée en direction à la force exercée par celle du revêtement.

La capacité du sol environnant à résister au bombement extérieur de l'anneau de tôles de revêtement est la clé du soutènement vertical. L'anneau étant limité à une faible déflexion, la ligne de poussée provoquée par la charge est forcée de suivre l'anneau de tôles de revêtement. Ainsi, la capacité de l'assemblage à supporter la charge appliquée dépend de sa capacité à transmettre la poussée de l'anneau d'une plaque à l'autre autour de l'anneau. Évidemment, cette capacité est renforcée par la conception à 4 brides de DSI Underground.

Il existe différentes méthodes pour déterminer la résistance requise des revêtements de tunnel. Le type de sol, l'emplacement et la profondeur de recouvrement, la taille et la longueur du tunnel, le niveau des eaux souterraines, la charge surimposée et l'historique sont des éléments qui permettent d'orienter ces calculs. Les conceptions de DSI Underground sont conformes aux dernières directives de l'AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) et de l'AREMA (The American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association).

## Diagramme de la charge et des réactions à la charge



## Composants du système

- Tôles de revêtement en acier à 4 brides formées à froid, largeurs 406 et 610 [mm] (16" et 24")
- Épaisseurs de 12, 10, 8, 7, 5, 3 calibres, 5/16" ou 3/8" (8 ou 9,5 [mm]) disponibles
- Tôle cannelée ou lisse, nuance d'acier conformément à la norme ASTM A1011
- Versions galvanisées (ASTM A 123) et/ou revêtues de bitume (AASHTO M190) disponibles
- Des tôles partielles personnalisées sont disponibles pour répondre à des dimensions spécifiques
- Joints de tôles de revêtement et trous de scellement de 51 [mm] (2") disponibles sur demande
- Boulons et écrous à filetage grossier à action rapide conformes à la norme ASTM A 307 (galvanisés à chaud : ASTM A 153)
- Revêtement polymère conforme à la norme aérospatiale SAE AS1003

## Spécifications

### Charges admissibles sur des tunnels circulaires de différents diamètres ou cintres pour les tôles de revêtement cannelées de 16" de large <sup>1)</sup>

Tableau des charges admissibles en unités SI (charges en [kN/m<sup>2</sup>])

Épaisseur [mm]	Calibre 12	Calibre 10	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	2,66	3,42	4,18	4,55	5,31	6,07	7,94	9,53
Diamètre [m]								
1,2	208	342	399	431	530	602	776	925
1,5	166	273	319	345	424	482	621	740
1,8	138	228	266	287	353	401	517	617
2,1	119	195	228	246	303	344	443	529
2,4	104	171	199	215	265	301	388	463
2,7		143	177	192	236	268	345	411
3,0		111	147	160	202	225	310	370
3,4			114	124	161	179	258	323
3,7				96	126	139	207	265
4,0					99	109	164	213
4,3					79	87	131	170
4,6							107	139
4,9							88	114
5,2							73	95
5,5								80
5,8								68
6,1								58

Tableau des charges admissibles en unités de mesure américaines courantes (charges en [psf])

Épaisseur [ft]	Calibre 12	Calibre 10	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	0,1046	0,1345	0,1644	0,1793	0,2092	0,2391	0,3125	0,375
Diamètre [ft]								
4	4 335	7 135	8 335	9 000	11 075	12 580	16 200	19 320
5	3 465	5 710	6 665	7 200	8 860	10 065	12 960	15 455
6	2 890	4 755	5 555	6 000	7 380	8 385	10 800	12 880
7	2 475	4 080	4 760	5 145	6 325	7 190	9 260	11 040
8	2 165	3 570	4 165	4 500	5 535	6 290	8 100	9 660
9		2 985	3 705	4 000	4 920	5 590	7 200	8 585
10		2 310	3 080	3 350	4 220	4 705	6 480	7 730
11			2 380	2 590	3 370	3 735	5 380	6 755
12				1 995	2 635	2 900	4 330	5 535
13					2 070	2 280	3 420	4 445
14					1 660	1 825	2 740	3 560
15							2 225	2 895
16							1 835	2 385
17							1 530	1 990
18								1 675
19								1 425
20								1 220

1) Remarque : des tôles de revêtement à 4 brides sont disponibles pour des diamètres de tunnels autres que ceux indiqués dans les tableaux. Veuillez vous adresser au personnel d'ingénierie de DSI Underground pour savoir comment déterminer la charge admissible.

## Propriétés des sections pour les tôles de revêtement cannelées de 16" de large

### Unités SI

Épaisseur de tôle		Dimensions			Section théorique		Surface utile	Moment d'inertie	Rayon de giration	Poids		
Calibre	Décimal	X	Y	Bride latérale	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /mm]				Tôle complète	Demi tôle	
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /mm]	[mm <sup>2</sup> /mm]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> /mm]	[mm]	[kg]	[kg]
12	2,7	16	49	51	1 372	3,4	1,73	2 816 166	693	14,2	11,0	5,9
10	3,4	16	49	51	1 754	4,3	2,21	3 657 769	900	14,5	14,2	7,5
8	4,2	17	51	54	2 158	5,3	2,72	4 945 563	1 218	15,2	17,3	9,3
7	4,6	17	51	54	2 346	5,8	2,95	5 395 917	1 327	15,2	18,6	9,8
5	5,3	18	54	57	2 721	6,7	3,43	7 195 666	1 771	16,3	22,0	11,9
3	6,1	18	53	57	3 092	7,6	3,89	7 969 008	1 962	16,0	24,9	13,1
5/16"	7,9	19	55	60	3 982	9,8	5,01	11 828 229	2 910	17,3	31,1	16,4
3/8"	9,5	23	55	64	4 748	11,7	5,98	15 408 581	3 792	18,0	37,3	19,6

### Unités de mesure américaines courantes

Épaisseur de tôle		Dimensions			Section théorique		Surface utile	Moment d'inertie	Rayon de giration	Poids		
Calibre	Décimal	X	Y	Bride latérale	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> /in]				Tôle complète	Demi tôle	
[-]	[in]	[in]	[in]	[in]	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> /in]	[in <sup>2</sup> /ft]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>4</sup> /in]	[in]	[lb]	[lb]
12	0,10	0,61	1,95	2,00	2,13	0,13	0,80	0,68	0,04	0,56	24,2	12,9
10	0,13	0,62	1,95	2,00	2,72	0,17	1,02	0,88	0,05	0,57	31,2	16,5
8	0,16	0,66	2,02	2,13	3,34	0,21	1,25	1,19	0,07	0,60	38,2	20,6
7	0,18	0,66	2,02	2,13	3,64	0,23	1,36	1,30	0,08	0,60	40,9	21,7
5	0,21	0,70	2,12	2,25	4,22	0,26	1,58	1,73	0,11	0,64	48,6	26,2
3	0,24	0,72	2,09	2,25	4,79	0,30	1,80	1,91	0,12	0,63	54,9	28,9
5/16"	0,31	0,76	2,17	2,38	6,17	0,39	2,31	2,84	0,18	0,68	68,6	36,1
3/8"	0,38	0,91	2,15	2,50	7,36	0,46	2,76	3,70	0,23	0,71	82,3	43,3

## Charges admissibles sur des tunnels circulaires de différents diamètres ou cintres pour les tôles de revêtement lisses de 16" de large <sup>1)</sup>

Tableau des charges admissibles en unités SI (charges en [kN/m<sup>2</sup>])

Épaisseur [mm]	Calibre 12	Calibre 10	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	2,66	3,42	4,18	4,55	5,31	6,07	7,94	9,53
Diamètre [m]								
1,2	208	329	399	431	517	587	766	919
1,5	166	263	319	345	414	470	613	735
1,8	138	219	266	287	345	391	511	613
2,1		184	228	246	295	336	438	525
2,4			187	204	256	290	383	460
2,7			139	151	196	223	313	407
3,0					146	165	240	322
3,4					109	124	181	249
3,7						96	139	192
4,0							110	151
4,3							88	121
4,6								98
4,9								81
5,2								68
5,5								
5,8								
6,1								

Tableau des charges admissibles en unités de mesure américaines courantes (charges en [psf])

Épaisseur [ft]	Calibre 12	Calibre 10	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	0,1046	0,1345	0,1644	0,1793	0,2092	0,2391	0,3125	0,375
Diamètre [ft]								
4	4 335	7 135	8 335	9 000	11 075	12 580	16 200	19 320
5	3 465	5 710	6 665	7 200	8 860	10 065	12 960	15 455
6	2 890	4 755	5 555	6 000	7 380	8 385	10 800	12 880
7	2 475	4 080	4 760	5 145	6 325	7 190	9 260	11 040
8	2 165	3 570	4 165	4 500	5 535	6 290	8 100	9 660
9		2 985	3 705	4 000	4 920	5 590	7 200	8 585
10		2 310	3 080	3 350	4 220	4 705	6 480	7 730
11			2 380	2 590	3 370	3 735	5 380	6 755
12				1 995	2 635	2 900	4 330	5 535
13					2 070	2 280	3 420	4 445
14					1 660	1 825	2 740	3 560
15							2 225	2 895
16							1 835	2 385
17							1 530	1 990
18								1 675
19								1 425
20								1 220

1) Remarque : des tôles de revêtement à 4 brides sont disponibles pour des diamètres de tunnels autres que ceux indiqués dans les tableaux. Veuillez vous adresser au personnel d'ingénierie de DSI Underground pour savoir comment déterminer la charge admissible.

## Propriétés géométriques des tôles de revêtement lisses de 16" de large

### Unités SI

Épaisseur de tôle		Dimensions			Section théorique		Surface utile	Moment d'inertie	Rayon de giration	Poids		
Calibre	Décimal	X	Y	Bride latérale	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /mm]				Tôle complète	Demi tôle	
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /mm]	[mm <sup>2</sup> /mm]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> /mm]	[mm]	[kg]	[kg]
12	2,7	6	45	51	1 321	3,3	1,7	140 936	347	11,7	11,0	5,9
10	3,4	7	44	51	1 689	4,2	2,1	230 759	567	11,7	14,2	7,5
8	4,2	7	46	54	2 078	5,1	2,6	330 654	814	12,7	17,3	9,3
7	4,6	8	46	54	2 260	5,6	2,8	357 251	878	12,7	18,6	9,8
5	5,3	9	49	57	2 654	6,5	3,3	484 785	1 193	13,5	22,0	11,9
3	6,1	9	48	57	3 015	7,4	3,8	544 556	1 340	13,5	24,9	13,1
5/16"	7,9	10	50	60	3 931	9,7	5,0	803 077	1 976	14,2	31,1	16,4
3/8"	9,5	12	52	64	4 718	11,6	5,9	1 088 112	2 678	15,2	37,3	19,6

### Unités de mesure américaines courantes

Épaisseur de tôle		Dimensions			Section théorique		Surface utile	Moment d'inertie	Rayon de giration	Poids		
Calibre	Décimal	X	Y	Bride latérale	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> /in]				Tôle complète	Demi tôle	
[-]	[in]	[in]	[in]	[in]	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> /in]	[in <sup>2</sup> /ft]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>4</sup> /in]	[in]	[lb]	[lb]
12	0,10	0,25	1,75	2,00	2,05	0,13	0,77	0,34	0,02	0,46	24,2	12,9
10	0,13	0,26	1,74	2,00	2,62	0,16	0,98	0,55	0,03	0,46	31,2	16,5
8	0,16	0,30	1,83	2,13	3,22	0,20	1,21	0,79	0,05	0,50	38,2	20,6
7	0,18	0,30	1,82	2,13	3,50	0,22	1,31	0,86	0,05	0,50	40,9	21,7
5	0,21	0,34	1,91	2,25	4,11	0,26	1,54	1,16	0,07	0,53	48,6	26,2
3	0,24	0,35	1,90	2,25	4,67	0,29	1,75	1,31	0,08	0,53	54,9	28,9
5/16"	0,31	0,41	1,97	2,38	6,09	0,38	2,29	1,93	0,12	0,56	68,6	36,1
3/8"	0,38	0,46	2,04	2,50	7,31	0,46	2,74	2,61	0,16	0,60	82,3	43,3

## Charges admissibles sur des tunnels circulaires de différents diamètres ou cintres pour les tôles de revêtement cannelées de 24" de large <sup>1)</sup>

Tableau des charges admissibles en unités SI (charges en [kN/m<sup>2</sup>])

Épaisseur [mm]	Calibre 12	Calibre 10	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	2,66	3,42	4,18	4,55	5,31	6,07	7,94	9,53
Diamètre [m]								
1,2 <sup>2)</sup>	208	315	385	419	490	556	722	862
1,5	166	252	308	335	392	445	577	689
1,8	138	210	257	279	327	371	481	575
2,1	119	180	220	239	280	318	412	492
2,4		149	193	209	245	278	361	431
2,7			154	163	209	237	321	383
3,0			117	123	163	185	259	328
3,4					124	141	202	262
3,7					96	109	156	205
4,0							123	161
4,3							98	129
4,6							80	105
4,9								86
5,2								72
5,5								
5,8								
6,1								

Tableau des charges admissibles en unités de mesure américaines courantes (charges en [psf])

Épaisseur [ft]	Calibre 12	Calibre 10	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	0,1046	0,1345	0,1644	0,1793	0,2092	0,2391	0,3125	0,375
Diamètre [ft]								
4 <sup>2)</sup>	4 335	6 570	8 045	8 750	10 230	11 615	15 075	18 000
5	3 465	5 255	6 440	7 000	8 185	9 295	12 060	14 400
6	2 890	4 380	5 365	5 830	6 820	7 745	10 050	12 000
7	2 475	3 755	4 600	5 000	5 845	6 640	8 615	10 285
8		3 115	4 025	4 375	5 115	5 810	7 535	9 000
9			3 215	3 410	4 365	4 955	6 700	8 000
10			2 440	2 560	3 410	3 870	5 410	6 855
11					2 595	2 945	4 225	5 480
12					2 000	2 270	3 255	4 280
13							2 560	3 365
14							2 050	2 695
15							1 665	2 190
16								1 805
17								1 505
18								
19								
20								

1) Remarque : des tôles de revêtement à 4 brides sont disponibles pour des diamètres de tunnels autres que ceux indiqués dans les tableaux. Veuillez vous adresser au personnel d'ingénierie de DSI Underground pour savoir comment déterminer la charge admissible.

2) Non recommandé pour les applications de forages de tunnels circulaires.

## Propriétés des sections pour les tôles de revêtement cannelées de 24" de large

### Unités SI

Épaisseur de tôle		Dimensions			Section théorique		Surface utile	Moment d'inertie	Rayon de giration	Poids		
Calibre	Décimal	X	Y	Bride latérale	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /mm]				Tôle complète	Demi tôle	
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /mm]	[mm <sup>2</sup> /mm]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> /mm]	[mm]	[kg]	[kg]
12	2,7	15	52	51	1 895	3,1	1,6	325 992	534	13,2	15,6	8,5
10	3,4	15	52	51	2 421	4,0	2,0	412 485	677	13,0	20,0	10,7
8	4,2	16	54	54	2 967	4,9	2,5	569 529	934	14,0	23,9	12,9
7	4,6	16	54	54	3 225	5,3	2,7	616 605	1 011	13,7	25,8	13,9
5	5,3	17	56	57	3 772	6,2	3,2	810 111	1 329	14,7	31,1	16,8
3	6,1	17	56	57	4 283	7,0	3,6	912 920	1 498	14,7	36,4	19,6
5/16"	7,9	19	58	60	5 557	9,1	4,7	1 313 751	2 155	15,5	46,1	24,5
3/8"	9,5	20	60	64	6 635	10,9	5,6	1 740 513	2 855	16,3	55,3	29,8

### Unités de mesure américaines courantes

Épaisseur de tôle		Dimensions			Section théorique		Surface utile	Moment d'inertie	Rayon de giration	Poids		
Calibre	Décimal	X	Y	Bride latérale	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> /in]				Tôle complète	Demi tôle	
[-]	[in]	[in]	[in]	[in]	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> /in]	[in <sup>2</sup> /ft]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>4</sup> /in]	[in]	[lb]	[lb]
12	0,10	0,58	2,04	2,00	2,94	0,12	0,73	0,78	0,03	0,52	34,5	18,7
10	0,13	0,60	2,03	2,00	3,75	0,16	0,94	0,99	0,04	0,51	44,2	23,6
8	0,16	0,63	2,12	2,13	4,60	0,19	1,15	1,37	0,06	0,55	52,8	28,4
7	0,18	0,64	2,12	2,13	5,00	0,21	1,25	1,48	0,06	0,54	56,9	30,7
5	0,21	0,67	2,21	2,25	5,85	0,24	1,46	1,95	0,08	0,58	68,5	37,0
3	0,24	0,68	2,20	2,25	6,64	0,28	1,66	2,19	0,09	0,58	80,2	43,2
5/16"	0,31	0,73	2,27	2,38	8,61	0,36	2,15	3,16	0,13	0,61	101,6	54,0
3/8"	0,38	0,78	2,35	2,50	10,28	0,43	2,57	4,18	0,17	0,64	121,9	65,8

## Charges admissibles sur des tunnels circulaires de différents diamètres ou cintres pour les tôles de revêtement lisses de 24" de large <sup>1)</sup>

Tableau des charges admissibles en unités SI (charges en [kN/m<sup>2</sup>])

Épaisseur [mm]	Calibre 12	Calibre 10	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	2,66	3,42	4,18	4,55	5,31	6,07	7,94	9,53
Diamètre [m]								
1,2 <sup>2)</sup>	208	310	380	414	485	552	720	864
1,5	166	248	304	331	388	441	576	691
1,8		205	253	276	323	368	480	576
2,1			197	214	272	309	412	494
2,4				150	199	227	325	420
2,7					141	161	238	319
3,0						117	173	236
3,4							130	177
3,7							100	136
4,0								107
4,3								86
4,6								
4,9								
5,2								
5,5								
5,8								
6,1								

Tableau des charges admissibles en unités de mesure américaines courantes (charges en [psf])

Épaisseur [ft]	Calibre 12	Calibre 10	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	0,1046	0,1345	0,1644	0,1793	0,2092	0,2391	0,3125	0,375
Diamètre [ft]								
4 <sup>2)</sup>	4 335	6 465	7 940	8 640	10 130	11 525	15 040	18 050
5	3 465	5 170	6 350	6 910	8 100	9 220	12 030	14 440
6		4 290	5 290	5 760	6 750	7 685	10 025	12 030
7			4 110	4 470	5 675	6 460	8 595	10 315
8				3 130	4 160	4 735	6 785	8 745
9					2 950	3 355	4 970	6 640
10						2 445	3 620	4 895
11							2 720	3 680
12							2 095	2 835
13								2 230
14								1 785
15								
16								
17								
18								
19								
20								

1) Remarque : des tôles de revêtement à 4 brides sont disponibles pour des diamètres de tunnels autres que ceux indiqués dans les tableaux. Veuillez vous adresser au personnel d'ingénierie de DSI Underground pour savoir comment déterminer la charge admissible.

2) Non recommandé pour les applications de forages de tunnels circulaires.

## Propriétés des sections des tôles de revêtement lisses de 24" de large

### Unités SI

Épaisseur de tôle		Dimensions			Section théorique		Surface utile	Moment d'inertie	Rayon de giration	Poids		
Calibre	Décimal	X	Y	Bride latérale	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /mm]				Tôle complète	Demi tôle	
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /mm]	[mm <sup>2</sup> /mm]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> /mm]	[mm]	[kg]	[kg]
12	2,7	5	46	51	1 861	3,1	1,6	192 715	316	10,2	15,6	8,5
10	3,4	5	45	51	2 383	3,9	2,0	243 079	398	10,2	20,0	10,7
8	4,2	6	48	54	2 926	4,8	2,5	349 634	574	10,9	23,9	12,9
7	4,6	6	48	54	3 185	5,2	2,7	377 938	619	10,9	25,8	13,9
5	5,3	7	50	57	3 734	6,1	3,1	514 462	844	11,7	31,1	16,8
3	6,1	7	50	57	4 249	7,0	3,6	578 562	949	11,7	36,4	19,6
5/16"	7,9	8	52	60	5 545	9,1	4,7	857 853	1 408	12,4	46,1	24,5
3/8"	9,5	10	54	64	6 654	10,9	5,6	1 168 362	1 917	13,2	55,3	29,8

### Unités de mesure américaines courantes

Épaisseur de tôle		Dimensions			Section théorique		Surface utile	Moment d'inertie	Rayon de giration	Poids		
Calibre	Décimal	X	Y	Bride latérale	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> /in]				Tôle complète	Demi tôle	
[-]	[in]	[in]	[in]	[in]	[in <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> /in]	[in <sup>2</sup> /ft]	[in <sup>4</sup> ]	[in <sup>4</sup> /in]	[in]	[lb]	[lb]
10	0,13	0,20	1,77	2,00	3,69	0,15	0,92	0,58	0,02	0,40	44,2	23,6
8	0,16	0,23	1,89	2,13	4,54	0,19	1,13	0,84	0,04	0,43	52,8	28,4
7	0,18	0,24	1,89	2,13	4,94	0,21	1,23	0,91	0,04	0,43	56,9	30,7
5	0,21	0,27	1,98	2,25	5,79	0,24	1,45	1,24	0,05	0,46	68,5	37,0
3	0,24	0,28	1,97	2,25	6,59	0,27	1,65	1,39	0,06	0,46	80,2	43,2
5/16"	0,31	0,33	2,04	2,38	8,59	0,36	2,15	2,06	0,09	0,49	101,6	54,0
3/8"	0,38	0,38	2,12	2,50	10,31	0,43	2,58	2,81	0,12	0,52	121,9	65,8
3/8"	0,38	0,78	2,35	2,50	10,28	0,43	2,57	4,18	0,17	0,64	121,9	65,8

## Force de fonçage admissible sur des tunnels circulaires de différents diamètres pour les tôles de revêtement lisses de 16" de large <sup>1)</sup>

### Unités SI

#### Force admissible [kN]

Épaisseur [mm]	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	4,18	4,55	5,31	6,07	7,94	9,53
Diamètre [m]						
1,2	445	525	738	970	1 708	2 651
1,5	560	658	916	1 210	2 135	3 309
1,8	676	792	1 103	1 450	2 562	3 977
2,1	783	925	1 290	1 690	2 989	4 635
2,4	898	1 059	1 468	1 930	3 416	5 302
2,7	1 014	1 192	1 655	2 180	3 843	5 960
3,0	-	-	1 841	2 420	4 270	6 628
3,4	-	-	2 019	2 660	4 697	7 286
3,7	-	-	-	2 900	5 124	7 953
4,0	-	-	-	-	5 551	8 611
4,3	-	-	-	-	5 978	9 279
4,6	-	-	-	-	-	9 937
4,9	-	-	-	-	-	10 604
5,2	-	-	-	-	-	11 262

### Unités de mesure américaines courantes

#### Force admissible en tonnes courtes (2 000 [lbs])

Épaisseur [ft]	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	3 3	5/16"	3/8"
	0,1644	0,1793	0,2092	0,2391	0,3125	0,375
Diamètre [ft]						
4	50	59	83	109	192	298
5	63	74	103	136	240	372
6	76	89	124	163	288	447
7	88	104	145	190	336	521
8	101	119	165	217	384	596
9	114	134	186	245	432	670
10	-	-	207	272	480	745
11	-	-	227	299	528	819
12	-	-	-	326	576	894
13	-	-	-	-	624	968
14	-	-	-	-	672	1 043
15	-	-	-	-	-	1 117
16	-	-	-	-	-	1 192
17	-	-	-	-	-	1 266

## Force de fonçage admissible sur des tunnels circulaires de différents diamètres pour les tôles de revêtement lisses de 24" de large <sup>1)</sup>

### Unités SI

#### Force admissible [kN]

Épaisseur [mm]	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	4,18	4,55	5,31	6,07	7,94	9,53
Diamètre [m]						
1,2	356	418	560	712	1 165	1 744
1,5	454	516	703	890	1 459	2 180
1,8	543	623	845	1 068	1 753	2 615
2,1	632	729	979	1 245	2 037	3 042
2,4	721	827	1 121	1 423	2 331	3 478
2,7	-	-	1 263	1 601	2 624	3 914
3,0	-	-	-	1 779	2 918	4 350
3,4	-	-	-	-	3 203	4 786
3,7	-	-	-	-	3 496	5 222
4,0	-	-	-	-	-	5 658
4,3	-	-	-	-	-	6 094
4,6	-	-	-	-	-	-
4,9	-	-	-	-	-	-
5,2	-	-	-	-	-	-

### Unités de mesure américaines courantes

#### Force admissible en tonnes courtes (2 000 [lbs])

Épaisseur [ft]	Calibre 8	Calibre 7	Calibre 5	Calibre 3	5/16"	3/8"
	0,1644	0,1793	0,2092	0,2391	0,3125	0,375
Diamètre [ft]						
4	40	47	63	80	131	196
5	51	58	79	100	164	245
6	61	70	95	120	197	294
7	71	82	110	140	229	342
8	81	93	126	160	262	391
9	-	-	142	180	295	440
10	-	-	-	200	328	489
11	-	-	-	-	360	538
12	-	-	-	-	393	587
13	-	-	-	-	-	636
14	-	-	-	-	-	685
15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-

1) Remarque : des tôles de revêtement à 4 brides sont disponibles pour des diamètres de tunnels autres que ceux indiqués dans les tableaux. Veuillez vous adresser au personnel d'ingénierie de DSI Underground pour déterminer la charge admissible.

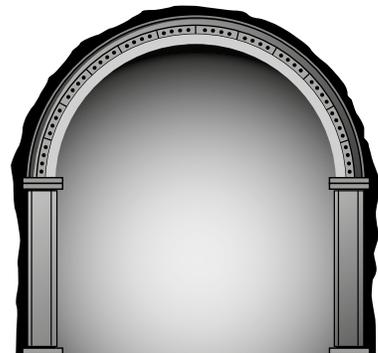
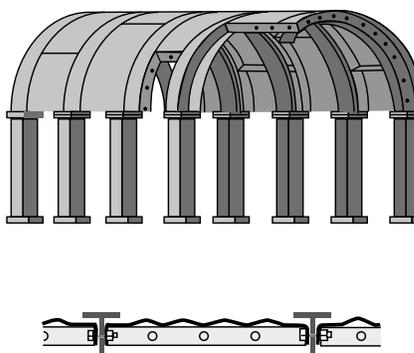
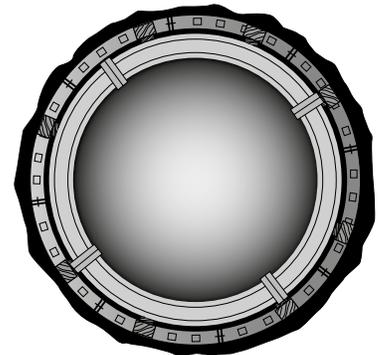
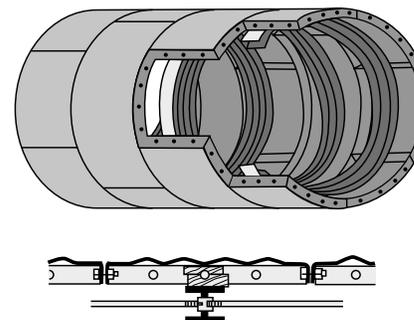
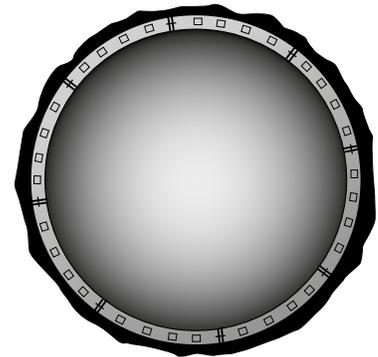
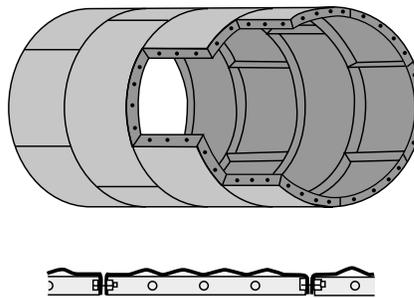


## Avantages des tôles de revêtement à 4 brides pour le forage de tunnels par rapport aux tôles de revêtement conventionnelles à 2 brides

- Toutes les tôles de revêtement à 4 brides sont de taille et de forme similaires, alors que les tôles à 2 brides varient considérablement en longueur
- Les tôles de revêtement à 4 brides sont montées depuis l'intérieur du tunnel, alors que les tôles à 2 brides nécessitent de passer derrière celles-ci pour installer les boulons et les écrous.
- Les tôles de revêtement à 4 brides sont la seule forme de système de tôle de revêtement qui peut être utilisée pour pousser la bride de la tôle de revêtement à l'aide d'un TBM, d'un MTBM ou d'un bouclier sans soutènement structurel supplémentaire
- Le stockage, la manipulation et le montage des tôles de revêtement à 4 brides nécessitent moins de temps et de main-d'œuvre.
- Excavation réduite car les tôles à 4 brides ont une profondeur de seulement 50 à 65 [mm] (de 2 à 2 ½ [in]) alors que les tôles à deux brides profondément cannelées peuvent avoir une profondeur de 100 à 125 [mm] (4 à 5 [in])
- La quantité de coulis utilisée derrière les tôles à 4 brides est moindre en raison des cannelures moins profondes que celles des tôles à 2 brides.
- Les tôles de revêtement à 4 brides sont mesurées à l'extérieur de la tôle, tandis que les tôles à 2 brides sont mesurées par rapport à l'axe neutre net (NNA).

### Types de soutènement pour les tôles de revêtement

- Tôles de revêtement uniquement
- Nervures à l'intérieur des tôles de revêtement
- Tôles de revêtement entre les nervures



## **Procédure d'installation**

### **Introduction**

Les excavations de tunnels en pleine section ou via la méthode de tête et de bancs, ainsi que les procédures de galeries multiples sont considérées comme des méthodes conventionnelles. Les tôles de revêtement utilisées avec toute méthode de construction utilisant un bouclier complet ou partiel, un tunnelier ou tout autre équipement exerçant une force sur les tôles de revêtement pour propulser, guider ou stabiliser l'équipement sont considérées comme des cas particuliers et ne sont pas couvertes par les présentes spécifications. Dans tous les cas, les tôles de revêtement doivent être assemblées conformément aux instructions du fabricant.

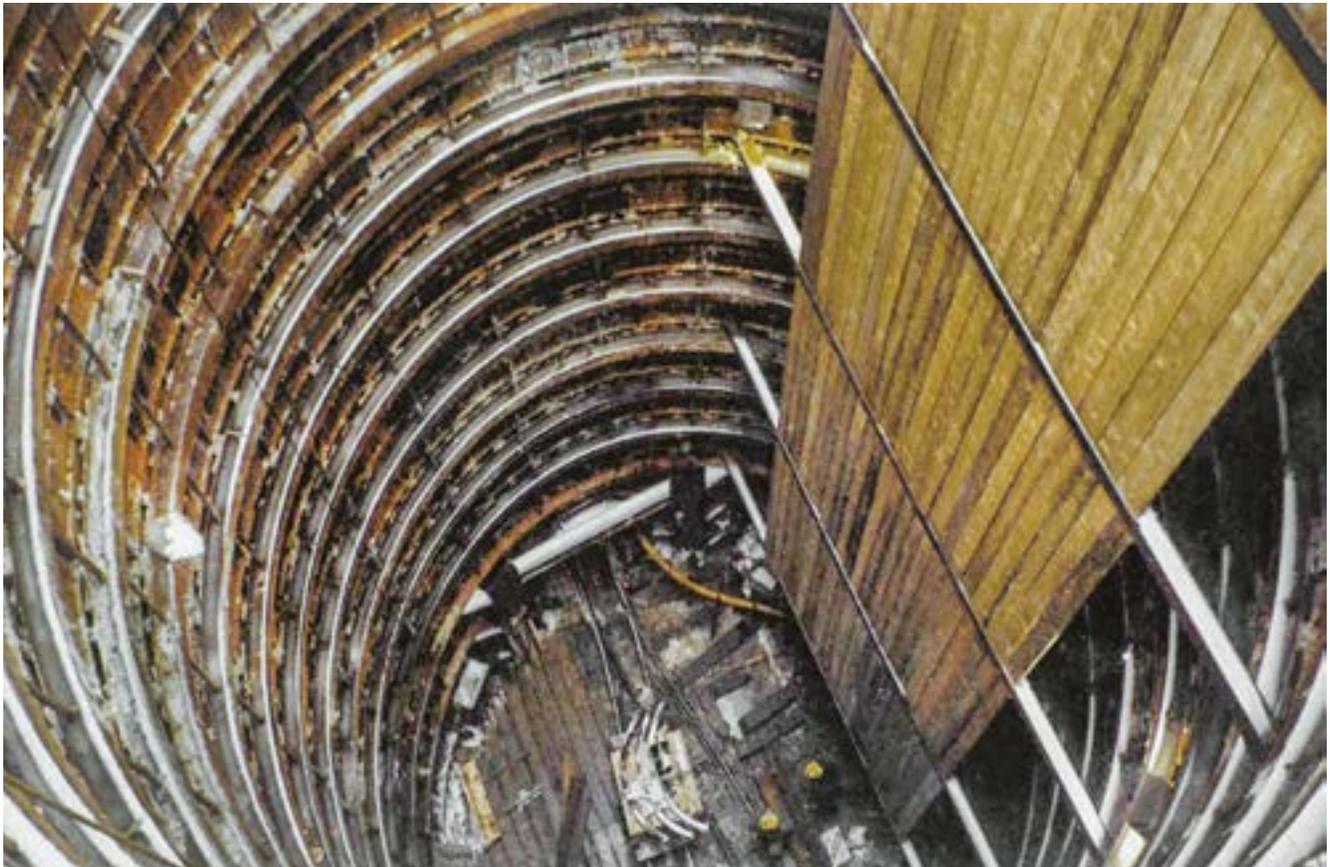


### **Assemblage**

Les tôles de revêtement à 4 brides et tous les accessoires nécessaires à leur montage doivent être transportés à l'avance jusqu'au lieu d'installation. Il est préférable que la section non soutenue (travée) dans la zone d'excavation soit

toujours réduite au minimum et que les anneaux de tôles de revêtement complets soient assemblés en une seule fois. La connexion pleine section des tôles de revêtement à 4 brides est réalisée à l'aide de boulons et

d'écrous d'origine avec un filetage grossier à action rapide. La procédure recommandée pour le serrage des boulons est le « tour d'écrou » selon l'AISC (American Institute of Steel Construction).



## Scellement

Une injection de coulis est supposée être toujours effectuée pour transférer les charges du sol aux tôles de revêtement à 4 brides. Les trous de scellement avec bouchons doivent être suffisamment espacés pour permettre le remplissage de tous les vides avec le matériau de scellement. L'injection de coulis ou le remblai doit commencer par le trou de scellement le plus bas et se poursuivre vers le haut, de préférence en remplissant simultanément les deux côtés du tunnel. La fréquence de l'injection dépend des conditions du sol, du diamètre du tunnel et de sa longueur totale.



## Références supplémentaires

- AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges, Division I, Section 16
- AREMA Manual for Railway Engineering, Section 4
- Recommandations de DSI Underground pour la détermination de la charge sur les tôles de revêtement utilisées dans le domaine du forage de tunnels



# Éléments LSC™

## Introduction

Les dispositifs de contrôle de contraintes de revêtement (LSC™) ont été développés comme mesure spéciale de soutènement pour le forage de tunnels dans des zones avec des ruptures provoquées par des contraintes impliquant de grands volumes de sol et de grandes déformations.

Les joints de construction longitudinaux divisent le revêtement primaire du tunnel en plusieurs segments. Cette segmentation a pour but d'absorber les grandes déformations survenant lors du forage de tunnels dans des sols fragiles.

Les éléments composites LSC™ sont installés dans ces joints de déformation. Ces éléments ont une charge de service définie pendant la compression afin que le revêtement primaire ne soit pas endommagé.

DSI Underground possède une longue expérience dans l'application des éléments LSC™, qui ont été utilisés avec succès dans de nombreux projets.

## Principaux avantages

- Maintien des forces de soutènement et utilisation optimale de la capacité de charge du revêtement primaire
- Déformation et relâchement de la contrainte contrôlés
- Augmentation régulière de la résistance du soutènement lors de grandes déformations
- Augmentation rapide de la résistance du soutènement en cas de déformations à faible évolution
- Prévention des contraintes excessives sur le revêtement des tunnels
- Adaptation sur mesure des caractéristiques de déformation (comportement de raccourcissement des forces) des éléments LSC™ conformément aux exigences du projet
- Le dispositif de contrôle des contraintes du revêtement le plus efficace actuellement utilisé dans le domaine du forage de tunnels

## Description du système

Comparée à celle du revêtement primaire, la résistance à la charge des éléments LSC™ se trouve à un niveau inférieur.

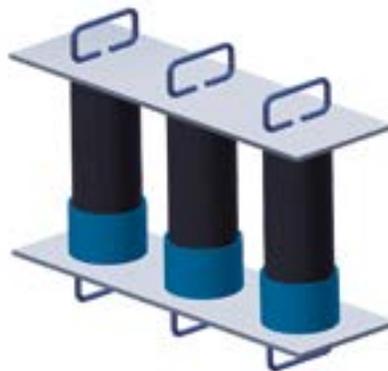
Ainsi, de grandes déformations peuvent être absorbées par les éléments LSC™ avant que le revêtement du tunnel ne soit endommagé. L'effet de soutènement optimal résulte de la sélection des éléments LSC™ les mieux adaptés et du nombre adéquat de corps de compression qui déterminent les caractéristiques globales de résistance à la charge.

Les éléments élastiques simples sont alignés entre les plaques de base. Ces plaques permettent de caler les éléments élastiques et de contrôler l'évolution des éléments LSC™ vers le revêtement du tunnel. Chaque élément élastique présente une imperfection prédéfinie en usine où les déformations contrôlées commencent en cas de charge excessive. Les plaques de base peuvent être équipées de barres de montage ou d'armature personnalisées.



## Composants du système

- Plaques de base
- Éléments élastiques
  - Tubes en acier avec un comportement de matériau défini combinés à un matériau de remplissage poreux et à une incrustation de béton poreux
- Barres (d'armature) de montage



## Spécifications des éléments N LSC™

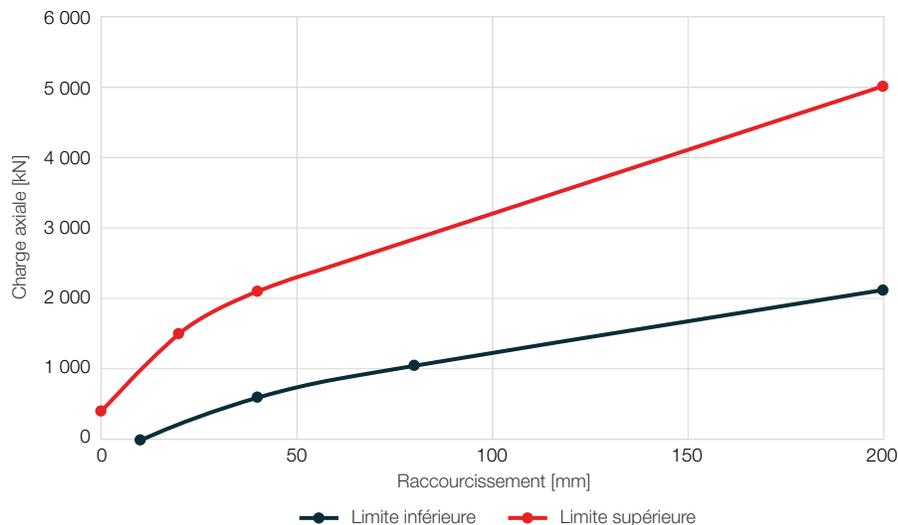
Caractéristiques <sup>1)</sup>	Unité	Type	
Nombre d'éléments élastiques	[-]	N 3	N 4
Longueur	[mm]	750 - 1 000	1 000 - 1 300
	[in]	29,5 - 39,4	39,4 - 51,2
Largeur	[mm]	250 - 350	
	[in]	9,8 - 13,8	
Hauteur	[mm]	410	
	[in]	16,1	

1) Types standard pour le forage de tunnels. Des éléments N LSC™ avec d'autres dimensions sont disponibles sur demande.

## Caractéristiques techniques

Le type, la quantité et la longueur des éléments N LSC™ sont optimisés en fonction de la capacité de charge du revêtement primaire et des déplacements typiques mesurés à la paroi du tunnel

- Personnalisation de la géométrie de l'élément LSC™ en fonction du projet
- Les caractéristiques charge-déformation peuvent être modifiées pour permettre une adaptation de la résistance du soutènement
- Des exemples de caractéristiques charge-déformation du système N LSC™ avec trois éléments élastiques (type 3) sont définis en fonction de limites supérieures et inférieures, comme indiqué dans le diagramme





## Procédure d'installation



- Installation des poutres en treillis et de la première couche de treillis métalliques soudés



- Élément LSC™ prêt à être installé



- Levage de l'élément pour le mettre en place
- Montage d'une barre de maintien dans la partie inférieure



- Placement des éléments LSC™ sur la barre de maintien
- Connexion des barres d'armature supérieures et inférieures aux poutres en treillis



- Recouvrement des éléments LSC™ à l'aide d'une planche de bois



- Éléments LSC™ prêts à l'emploi

## Références :

- Rabcewicz, L. v. 1950 : Die Hilfgewoelbebauweise. Université de technologie de Graz, Graz, Autriche
- Schubert, W., Golser, J. et Schwab, P. 1996 : Weiterentwicklung des Ausbaues für stark druckhaftes Gebirge. Dans : Felsbau 14, Nr. 1, p. 36-42.
- Moritz, B. : 1999 Ductile Support System for Tunnels in Squeezing Rock. Thèse de doctorat, Institute of Rock Mechanics and Tunnelling, Université de technologie de Graz, Graz, Autriche
- Radončić, N., Schubert, W., Moritz, B. 2009 : Ductile support design. Dans : Geomechanics and Tunnelling 2, No. 5, p. 561-577, Graz, Autriche
- Schubert, W. et al 2017 : Support aspects of tunnels in fault zones. Dans : Geomechanics and Tunnelling, Vol. 10, No. 4, Graz, Autriche
- Brunnegger, S. 2018 : Optimization of Yielding Elements. Thèse de maîtrise, Université de technologie de Graz, Institute of Rock Mechanics and Tunnelling, Graz, Autriche

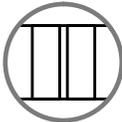
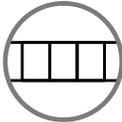
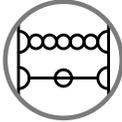
# Systeme de soutènement BULLFLEX®

## Introduction

Le système de soutènement BULLFLEX® a été développé pour servir d'élément de soutènement spécial dans les mines et les tunnels souterrains. Il se compose de flexibles textiles brevetés en tissu très résistant, qui sont ensuite remplis de matériaux de construction à base de ciment, ce qui leur confère une capacité de charge exceptionnelle.

Le système de soutènement BULLFLEX® est disponible pour différentes applications et dans plusieurs dimensions, de manière à assurer une adaptation optimale aux exigences spécifiques de l'excavation et de soutènement. Tous les composants du système sont légers et faciles à transporter et à installer.

DSI Underground jouit d'une longue expérience dans l'application du système de soutènement BULLFLEX®, qui a été utilisé avec succès dans le cadre de nombreux projets.

		Forage minier de roches dures	Forage minier de roches tendres	Réhabilitation des mines	Réhabilitation des tunnels	Tunneliers et fondations
Piliers de soutènement		Soutènement auxiliaire, piliers artificiels et affaissements de coin	Soutènement secondaire dans l'exploitation minière par chambres et piliers et dans l'exploitation minière par longue taille	Travaux de réparation dans les zones soumises à des contraintes excessives ou à des failles et réhabilitation des mines touristiques		–
Remblai et reprise en sous-œuvre des soutènements du toit		Remblai du soutènement en acier pour les routes principales permanentes	Système de soutènement élastique – minimisation des déplacements	Rétablissement de la capacité de charge et de l'élasticité des revêtements de tunnels détruits	Fondation et précontrainte des systèmes de soutènement par voûte parapluie ou nervures	Soutènement temporaire d'un cadre en acier pour la construction de travers-bancs
Soutènement des routes et des barrages		–	Routes à entrées multiples, veines gazeuses et exploitations minières profondes	–	–	–
Cloisons structurelles		Étanchéité aux fluides de remblai	Scellement permanent des routes	Cloisonnement des installations de stockage ou de traitement des déchets		–
Obturations			Murs de ventilation, scellements et coffrage frontal	–	–	–
Scellements structurels <sup>1)</sup>		–	–	–	Scellement des tunnels existants réaménagés et des espaces annulaires des structures civiles	Joints toriques : lancement et réception de tunneliers, étanchéité à l'eau (liquides) et à l'air comprimé

1) Voir le catalogue séparé « Scellements structurels BULLFLEX® ».

*Piliers de soutènement : roche tendre*



*Piliers de soutènement : roche dure*



*Remblai de soutènement de toit*



*Reprise en sous-œuvre*



*Soutènement des routes et des barrages*



*Cloisons structurales*



*Obturations*



*Solutions spéciales*



## Description du système

Le système de soutènement BULLFLEX® est utilisé partout où une solution de soutènement rapide est nécessaire. Grâce à la charge active de mise en place et au transfert immédiat de la charge, les flexibles à sceller BULLFLEX® fonctionnent comme un étauçonn hydraulique solide ou un support efficace

qui peut être laissé en place en tant que soutènement permanent.

Les flexibles à couler BULLFLEX® ne rétrécissent pas grâce à leur enveloppe brevetée. Ce sont des flexibles en tissu tissé à haute résistance.

En fonction de la charge et de la géométrie requises, le système de soutènement BULLFLEX® peut être facilement adapté aux conditions du site en utilisant différents diamètres ou des matériaux de remplissage dont la force compression varie.

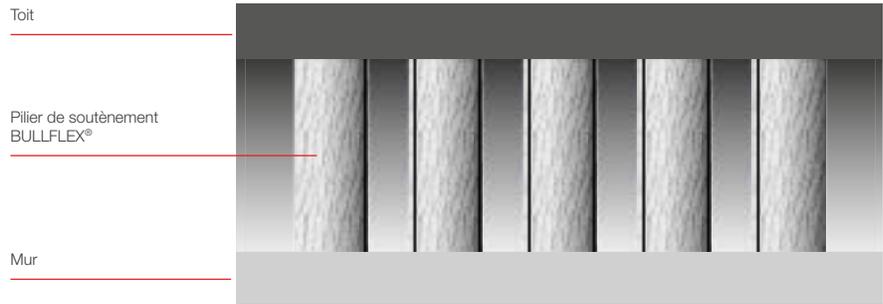
## Principaux avantages

- Système de soutènement rapide et sûr
- Capacité de charge et transfert de charge immédiatement élevés
- Charge active de mise en place et charge résiduelle contrôlée
- Caractéristiques de soutènement flexibles grâce à différentes variantes du diamètre du flexible à sceller et du matériau de remplissage
- Consommation définie de matériaux de remplissage
- Le remplissage peut être réalisé à l'aide de différents types de matériaux
- Sans rétraction
- Installation rapide et facile
- Manipulation aisée sur site grâce à la légèreté des composants
- Application possible même dans des conditions d'espace limitées



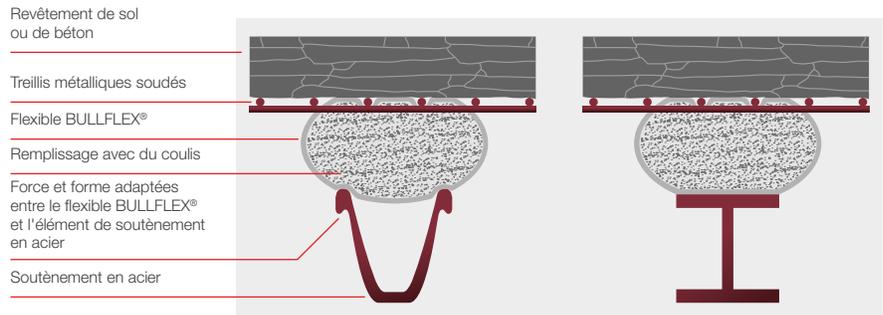
## Piliers de soutènement

- Fonction de précharge active
- Augmentation du coefficient de sécurité ou du taux d'extraction



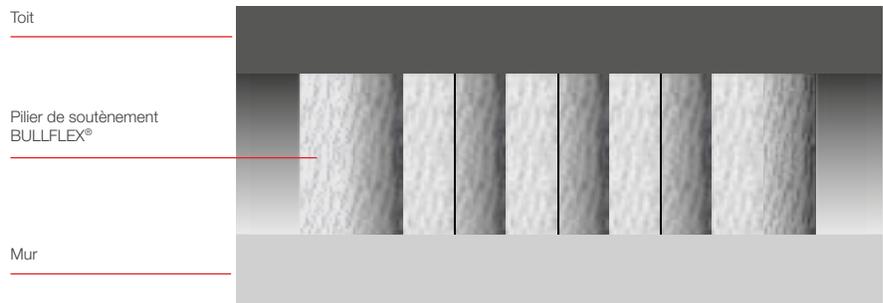
## Remblai de soutènement de toit

- Répartition de la charge totale par rapport à une charge ponctuelle
- Passage d'un système de soutènement passif à un système de soutènement actif
- Le support complet offert par le profilé en acier conduit à un taux d'utilisation amélioré et peut permettre l'utilisation du type de profilé de taille immédiatement inférieure



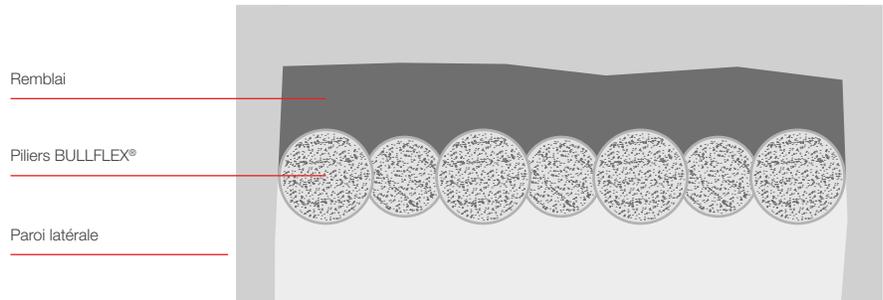
## Soutènement des routes et des barrages

- Système combiné de soutènement et de scellement
- Hauteur de piliers flexible



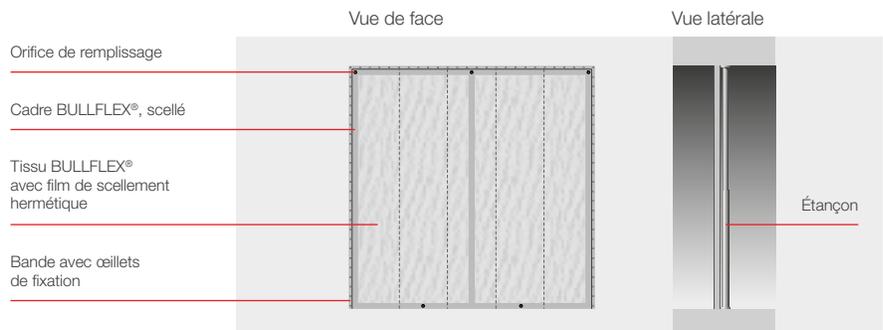
## Cloisons structurales

- Système de soutènement conçu pour les applications de remblai
- Précontrainte active verticale et horizontale



## Obturations

- Versions légères et à usage industriel
- Faible poids et installation rapide



## Composants du système

- Flexibles à sceller BULLFLEX®
  - Flexibles ronds tissés sans fin en polyamide 6,6
  - Haute résistance à la déchirure et absence de coutures longitudinales
  - Antistatiques, ignifuges et autoextinguibles
  - Pression de fonctionnement jusqu'à 4 [bar] (58 [psi])
  - Perméables à l'air et à l'eau
- Retenue du contenu minéral du coulis pendant le drainage grâce à l'effet filtrant spécial du système BULLFLEX®
- Conformité avec les systèmes de filtres autosauveteurs
- Des diamètres hors normes et des conceptions spéciales sont disponibles sur demande
- Technologie brevetée

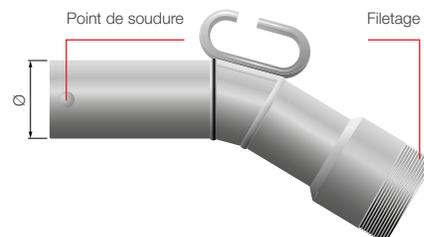


Application	Diamètre		Longueur/hauteur	
	[mm]	[in]	[m]	[ft]
Piliers de soutènement	280 - 960	11 - 38 <sup>1)</sup>	1,5 - 7,1	5 - 23
Remblai de soutènement de toit	230 - 400	9 - 16	Longueur à déterminer	
Soutènement des routes et des barrages	480 - 960	19 - 38 <sup>1)</sup>	1,5 - 7,1	5 - 23
Cloisons structurelles	280 - 960	11 - 38 <sup>1)</sup>	Longueur à déterminer	
Obturations	Tissu plat		Longueur à déterminer	

1) Des diamètres plus importants sont disponibles sur demande.

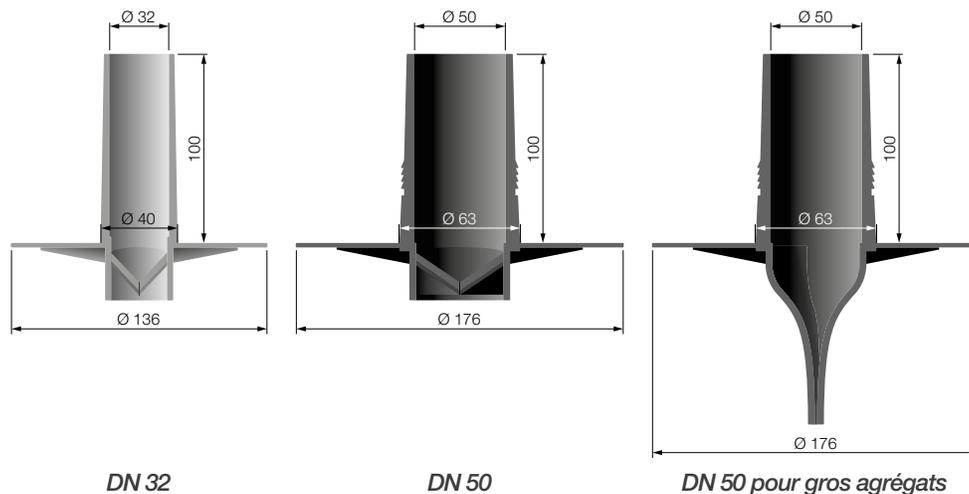
- Orifices de remplissage BULLFLEX®
  - Préfabriqués avec fermeture supérieure intégrée, orifice(s) de remplissage et embase
  - Avec clapet anti-retour, diamètre interne de 32 [mm] (1¼ [in]) ou de 50 [mm] (2 [in])
  - Nombre d'orifices de remplissage variant en fonction de la longueur/hauteur des flexibles à sceller BULLFLEX®
- Buse de remplissage BULLFLEX®
  - Coffrages à usages multiples BULLFLEX®
  - Pour l'installation de flexibles BULLFLEX® de plus grande taille, des coffrages en acier à usages multiples sont nécessaires
  - Stabilisation et fixation lors de l'installation (remplissage)
  - Matériau de remplissage
  - Voir le tableau pour les matériaux d'injection recommandés

### Buse de remplissage DN 32 / DN 50



Orifice de remplissage	DN 32	DN 50
Ø [mm]	28	45
Filetage ["]	1 ¼	2

### Orifices de remplissage



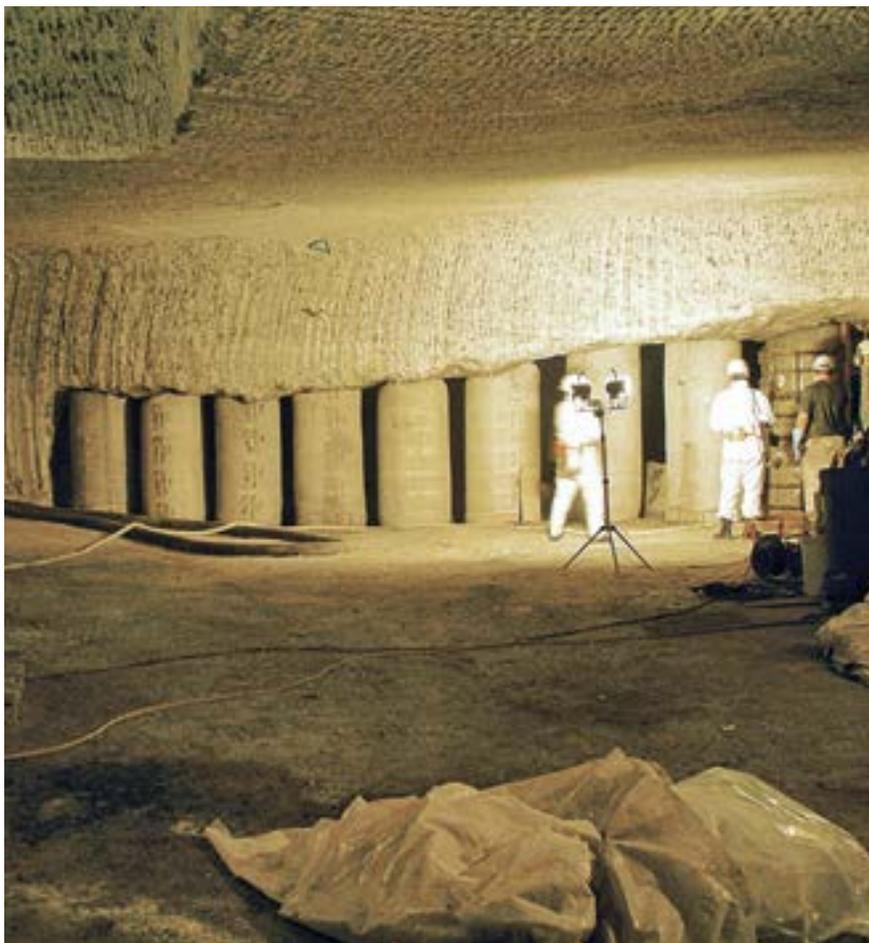
## Spécifications

Caractéristiques <sup>1)</sup>		Unité	Valeur	Remarques
Matériaux		[-]	Polyamide 6,6	Nylon
Poids		[g/m <sup>2</sup> ] / [oz/yd <sup>2</sup> ]	Environ 660 / 19,5	-
Épaisseur du tissu		[mm] / [in]	Environ. 1 / 0,04	-
Résistance à la traction minimale	L <sup>2)</sup> T <sup>3)</sup>	[N] / [lbf]	12 000 / 2 698 24 000 / 5 395	Largeur de 100 [mm] / 3,94 [in] Conformément à la norme ISO 10319
Allongement maximal correspondant	L <sup>2)</sup> T <sup>3)</sup>	[%]	20 20	Conformément à la norme ISO 10319
Allongement élastique	L <sup>2)</sup> T <sup>3)</sup>	[%]	15 15	Conformément à la norme ISO 10319
Résistance minimale des coutures		[kN/m] / [lbf/ft]	155 / 113	-
Flux d'air à travers le tissu sous pression [mbar] ([psi])	10 (0,15) 20 (0,30) 30 (0,45)	[L/min] / [gal/min]	6,5 / 1,7 13 / 3,4 19 / 5,0	À 100 [cm <sup>2</sup> ] / 15,5 [in <sup>2</sup> ]
Résistance résiduelle à la traction		[%]	20 - 30	Après 1 an et exposé à la lumière en Floride

1) Les valeurs indiquées sont des valeurs de laboratoire et peuvent varier d'un site à l'autre.

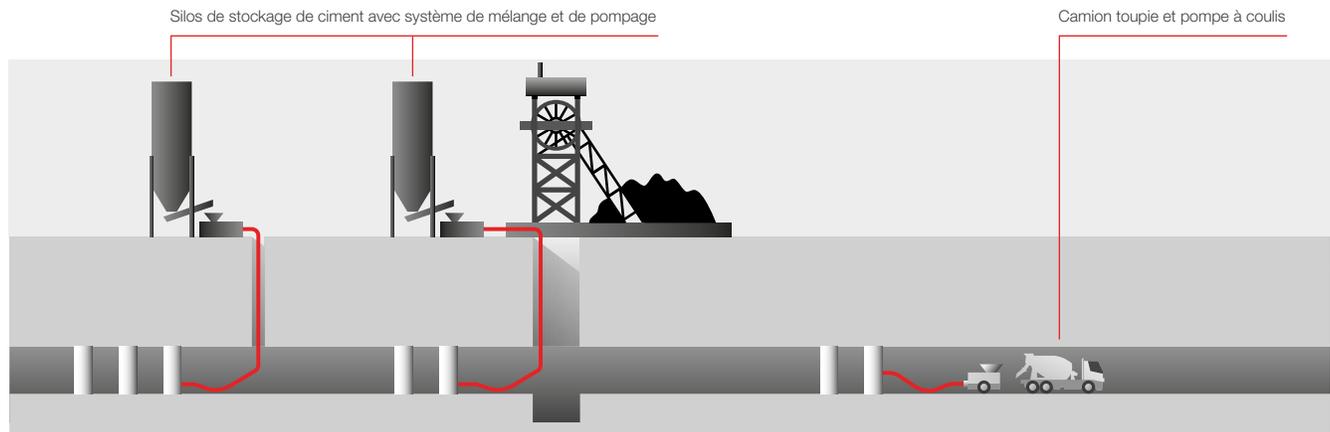
2) Longitudinale.

3) Transversale.



# Équipements de logistique, de pompage et de mélange des matériaux

## Deux concepts pour une installation optimale



### Matériau d'injection recommandé <sup>1)</sup>

Caractéristiques	Unité	Valeur	Remarques
Composition	[%]	25 - 50 % de ciment Portland 75 - 50 % de cendres volantes	Il est également possible d'utiliser de la poudre de pierre ou un mélange de cendres volantes et de sable à la place des cendres volantes <sup>2)</sup>
Force de compression après 1 jour	[N/mm <sup>2</sup> ] / [psi]	> 2 / > 290	EN 196 / ASTM C1019
Force de compression après 28 jours	[N/mm <sup>2</sup> ] / [psi]	> 25 / > 3 630	EN 196 / ASTM C1019
Classe d'affaissement	[-]	Moyen-élevé	EN 12350-5 / ASTM C143
Taille maximale des grains	[mm] / [in]	3,8 / 0,15	Courbe granulométrique des agrégats par défaut
Rapport E/C	[1]	0,7 - 0,9	-
Temps de prise	[min]	30 - 120	-

1) Références supplémentaires : ASTM C1107 ; ASTM C827 ; ASTM C143 ; EN 1045 ; EN 206-1.

2) Les agrégats ne doivent pas contenir de composants nocifs pour le béton.

### Principaux facteurs affectant la maniabilité du matériau d'injection

- Rapport eau-ciment
- Quantité et type d'agrégats et de ciment
- Température ambiante
- Additifs chimiques

### Exigences en matière d'équipements de pompage et de mélange

- Application d'une unité de mélange et de pompage séparée ou d'un dispositif combiné de mélange et de pompage
- Possibilité d'utiliser des pompes à vis standard pour les travaux de revêtement ou d'injection avec une puissance nominale de 7,5 à 12 [kW] et un débit minimum de 20 [L/min] (5 [gal/min])
- Les taux de remplissage par défaut doivent être compris entre 80 - 180 [L/min] (21 - 48 [gal/min])



### Recommandations pour l'installation

- Veillez à ce que les flexibles d'injection ne soient pas pliés et évitez tout contact avec des arêtes vives afin de ne pas endommager le tissu
- En cas de changement de direction, le rayon de courbure doit être supérieur à six fois le diamètre extérieur du flexible
- Les pompes à vis sont des pompes à haute pression, c'est pourquoi seuls des flexibles renforcés d'acier peuvent être utilisés pour acheminer le coulis
- Avant de démarrer la machine, assurez-vous que le coulis est de consistance facile à travailler
- Le flexibles d'alimentation ne doit présenter aucune fuite (en particulier au niveau des raccords) et l'intérieur des flexibles doit être suffisamment lubrifié

## Piliers de soutènement

### Dimensions standard <sup>1)</sup>

Désignation	Diamètre du flexible		Flexible à sceller gonflé	
	[mm]	[in]	[mm]	[in]
9 - 11"	230	9	280	11
13 - 15"	320	13	380	15
16 - 19"	400	16	480	19
20 - 23"	500	20	590	23
25 - 29"	630	25	740	29
31 - 38"	800	31	960	38

1) Diamètres intermédiaires et supérieurs disponibles sur demande.

### Caractéristiques

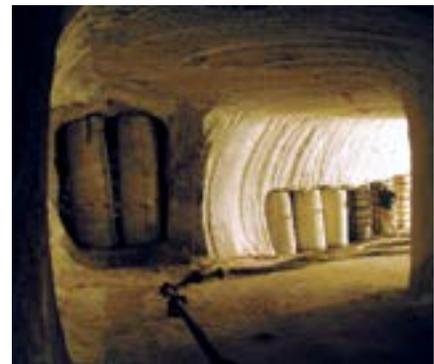
Pilier diamètre <sup>1)</sup>		Hauteur maximale recommandée des piliers <sup>2)</sup>		Précontrainte active <sup>3)</sup>		Consommation de matériaux d'injection <sup>4)</sup>		Temps de remplissage moyen <sup>4)</sup>
[mm]	[in]	[m]	[ft]	[kN]	[kip]	[m <sup>3</sup> ]	[ft <sup>3</sup> ]	[sec]
480	19	3,6	12,0	100	22	0,2	7,0	85
590	23	4,4	14,5	150	34	0,3	10,5	125
740	29	5,2	17,0	240	54	0,4	14,0	200
960	38	7,1	23,5	400	90	0,7	24,5	330

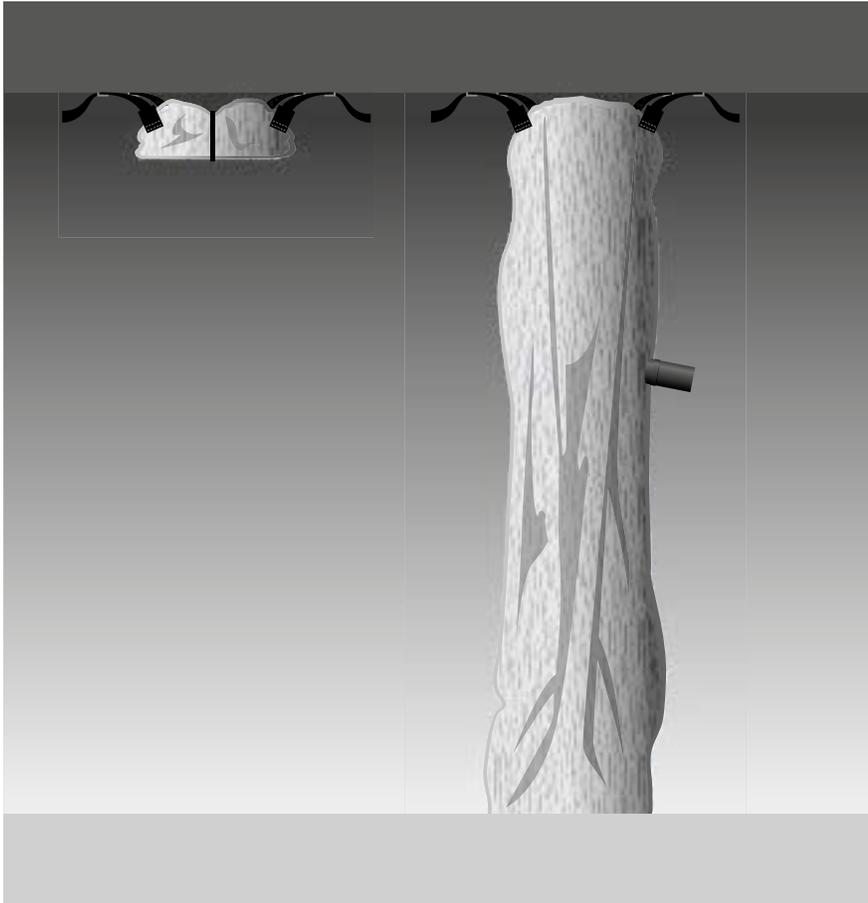
1) Autres dimensions disponibles sur demande.

2) Pour un rapport d'élanement de 30. Chiffre arrondi.

3) Calculée à une pression de remplissage de 4 [bar] (58 [psi]) et pour deux zones de contact (toit et mur). Chiffre arrondi.

4) Calculée pour une hauteur de pilier de 1 [m] (3,3 [ft]) et un débit de 130 [L/min] (34,5 [gal/min]). Chiffre arrondi.





### Procédure d'installation

1. Au niveau de l'emplacement du pilier, le gravier et les blocs doivent être retirés du mur. Si possible, la zone du mur doit être horizontale ou parallèle à l'inclinaison du toit.
2. Pour les piliers de soutènement  $\geq 3$  [m] (10 [ft]) : montage ultérieur du coffrage temporaire ou permanent, qui doit atteindre une hauteur d'environ 200 [mm] (8 [in]) sous le toit. Mise en place du tissu dans le coffrage et fixation par des boucles attachées au tissu.
3. Pour les piliers de soutènement  $< 3$  [m] (10 [ft]) : installation sans coffrage ; le tissu est fixé au toit par des attaches de montage. Les sangles extérieures sont ensuite ouvertes pour que l'élément de soutènement puisse se déployer.
4. Remplissage du pilier BULLFLEX® par l'orifice de remplissage à l'aide de la buse de remplissage jusqu'à ce que le pilier soit en contact total avec le toit. Vérifiez que la colonne se gonfle correctement et prend la forme souhaitée.
5. Augmentez la pression de remplissage jusqu'à 4 [bar] (58 [psi]) pour obtenir une précharge active. Lorsque la pression de remplissage nominale est atteinte, attendez environ 3 minutes. Ensuite, continuez jusqu'à ce qu'une pression de 4 [bar] (58 [psi]) soit de nouveau atteinte. Test in situ : le pilier BULLFLEX® doit avoir une pression au pouce comparable à celle d'un pneu de vélo.
6. Si un coffrage temporaire a été utilisé, il peut être enlevé dès que le béton de remplissage a atteint une résistance après durcissement de 5 [N/mm<sup>2</sup>] (725 [psi]) et réemployé pour la mise en place du pilier suivant.



**Remarque :** pendant le remplissage (injection de ciment), tous les équipements de protection individuelle standard et recommandés doivent être utilisés. Les piliers BULLFLEX® sont résistants aux infiltrations d'eau de mine. Le tissu lui-même n'est soluble que dans les acides inorganiques concentrés et le phénol.

## Capacité de charge

### Unités SI

Type	Hauteur [m] et capacité de charge [kN]				
[in]	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
16 - 19"	1 570	1 522	1 474	1 427	1 379
20 - 23"	2 412	2 353	2 295	2 236	2 178
25 - 29"	3 850	3 777	3 703	3 630	3 556
31 - 38"	6 564	6 469	6 374	6 279	6 183

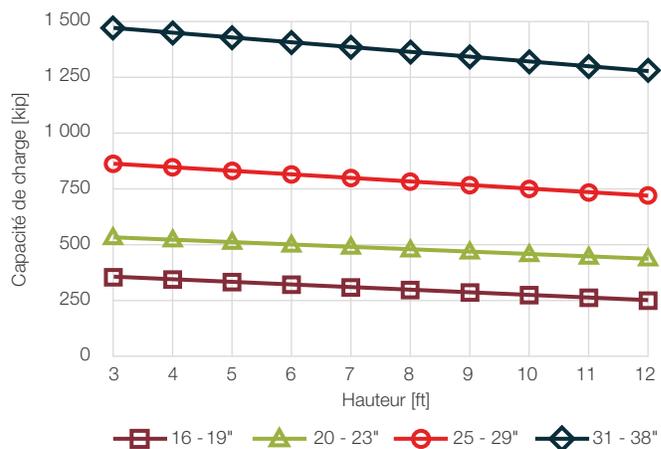
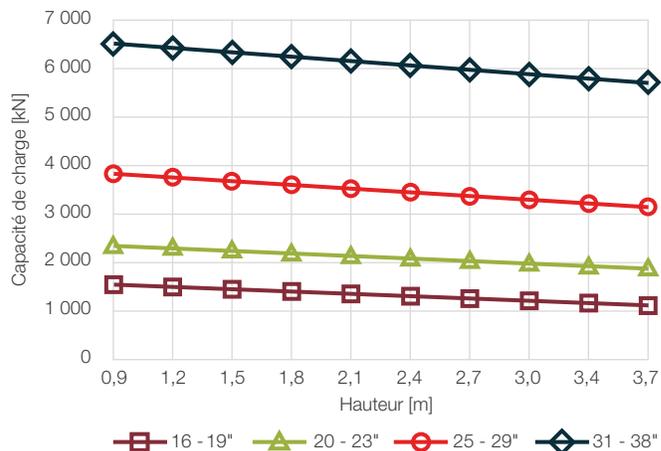
Type	Hauteur [m] et capacité de charge [kN]				
[in]	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7
16 - 19"	1 332	1 284	1 236	1 189	1 141
20 - 23"	2 119	2 061	2 002	1 943	1 885
25 - 29"	3 483	3 409	3 336	3 263	3 189
31 - 38"	6 088	5 993	5 898	5 802	5 707

### Unités de mesure américaines courantes

Type	Hauteur [ft] et capacité de charge [kip]				
[in]	3	4	5	6	7
16 - 19"	353	342	331	321	310
20 - 23"	542	529	516	503	490
25 - 29"	866	849	833	816	799
31 - 38"	1 476	1 454	1 433	1 412	1 390

Type	Hauteur [ft] et capacité de charge [kip]				
[in]	8	9	10	11	12
16 - 19"	299	289	278	267	257
20 - 23"	476	463	450	437	424
25 - 29"	783	766	750	733	717
31 - 38"	1 369	1 347	1 326	1 304	1 283

- Capacité de charge en fonction de la hauteur du pilier, calculée
- Sans tenir compte de la charge active de mise en place
- Base de calcul pour le prédimensionnement, y compris les facteurs de sécurité
- Capacité de charge réelle in situ déterminée par des essais de charge statique, dépassant les valeurs indiquées
- Contrôlée au cours d'une série de tests de charge statique dans les laboratoires de contrôle des terrains du NIOSH (Pittsburgh, US-PA).
- Des propositions de conception spécifiques au projet sont disponibles sur demande



À propos de nous

Boulons

Produits chimiques d'injection

Pré-soutènement et assèchement

Soutènement passif

Forage mécanisé de tunnels

Index des produits

## Remblai de soutènement de toit

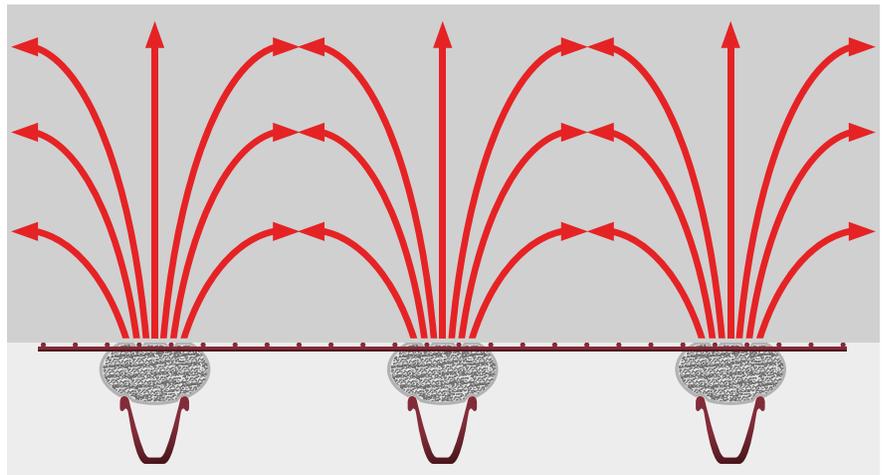
### Dimensions standard <sup>1)</sup>

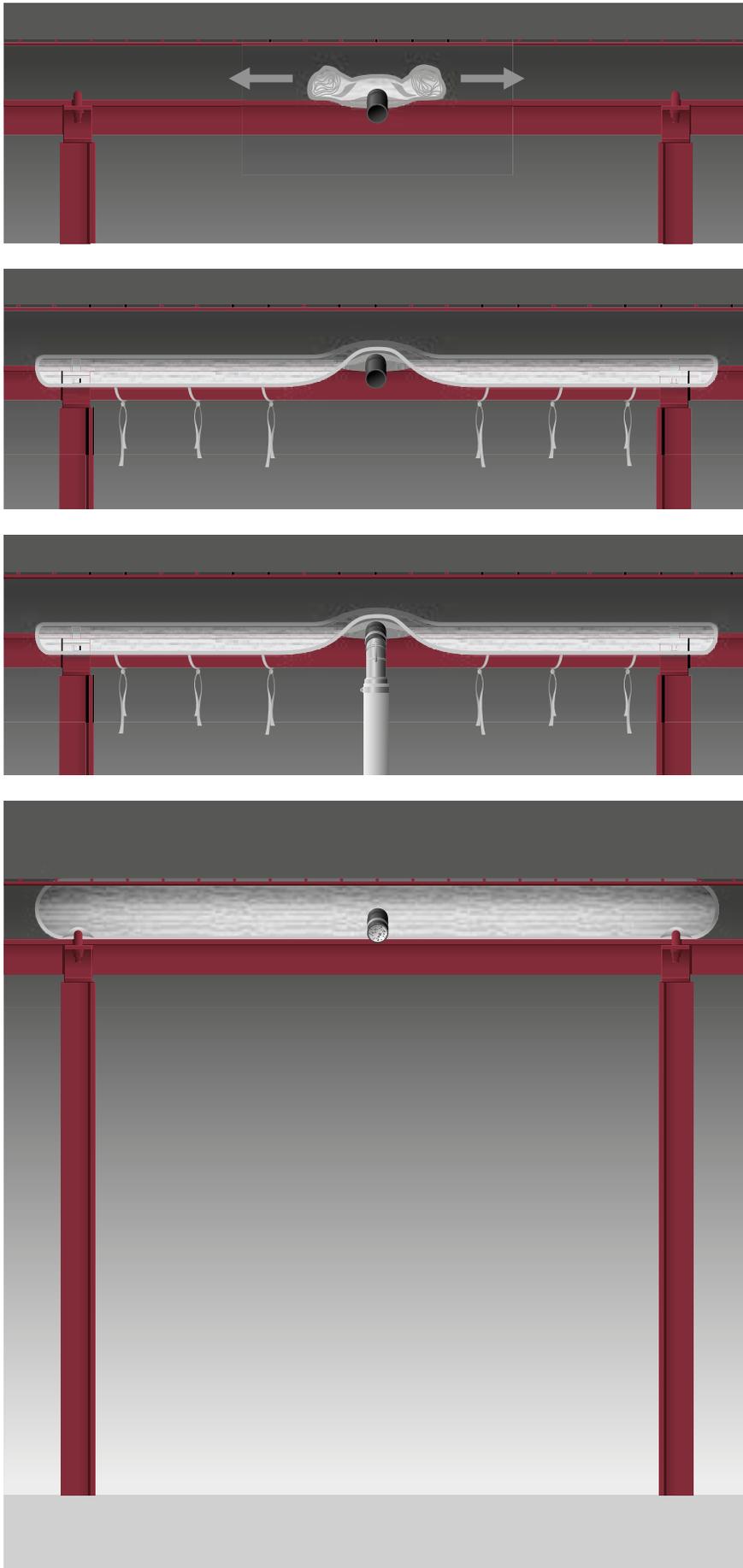
Désignation	Diamètre du flexible		Flexible à sceller gonflé	
	[mm]	[in]	[mm]	[in]
9 - 11"	230	9	280	11
13 - 15"	320	13	380	15
16 - 19"	400	16	480	19

1) Diamètres intermédiaires et supérieurs disponibles sur demande.

### Transformation d'une action de soutènement ponctuelle en une action de soutènement sur toute la surface

- L'élément de soutènement conventionnel en acier permet un transfert de charge ponctuel uniquement
- L'application du remblai de soutènement de toit BULLFLEX® permet un soutènement sur toute la surface
- Les poutres de soutènement deviennent un système entièrement intégré et rigide
- L'action de soutènement optimisée empêche un ameublissement supplémentaire du sol et une rupture progressive du bloc



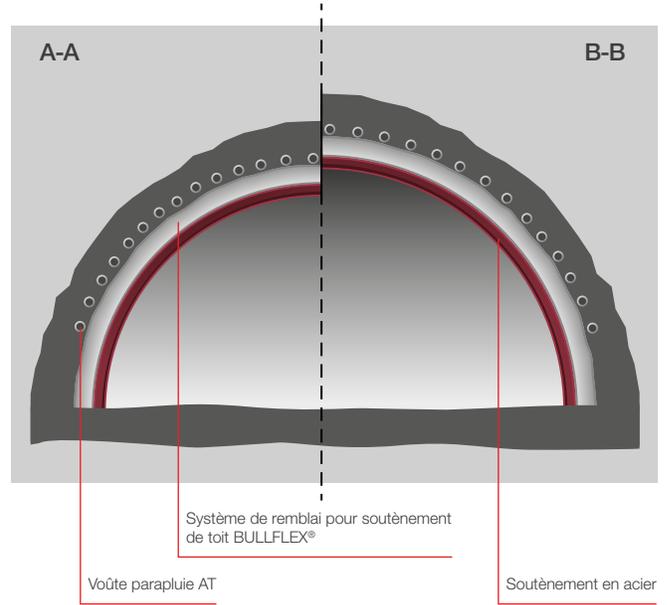
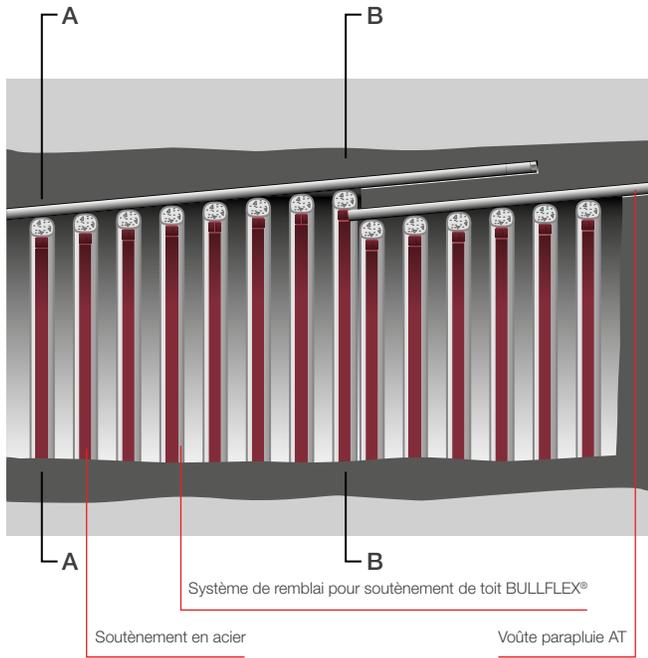


## Procédure d'installation

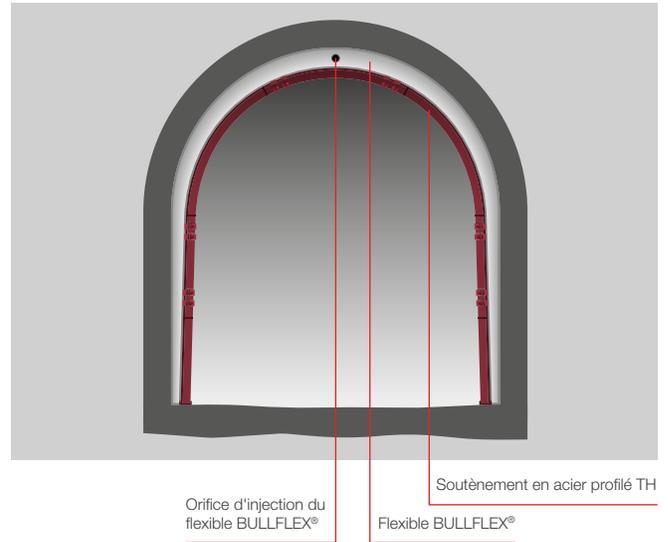
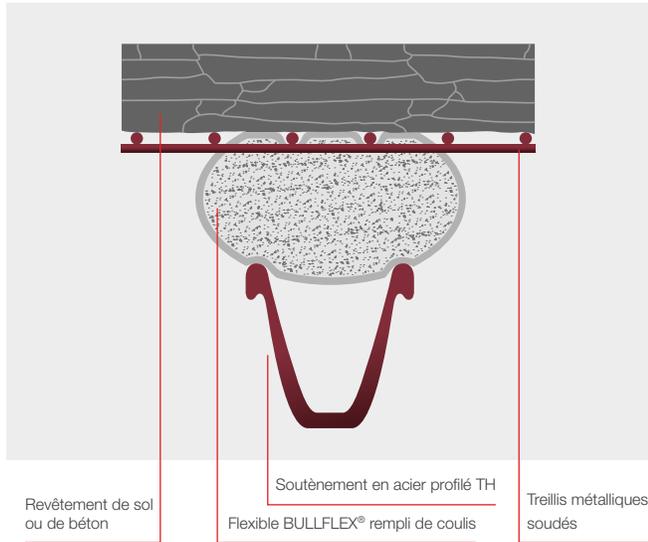
1. Veillez à ce que le soutènement en acier de la zone d'installation soit propre et dépourvu d'arêtes vives. Les flexibles de remblai pour soutènement de toit BULLFLEX® sont livrés enroulés en opposition aux deux extrémités.
2. Le flexible enroulé en opposition est posé sur l'élément de soutènement en acier. Les orifices de remplissage sont orientés vers l'entrée du tunnel. Ensuite, les flexibles de remblai de soutènement de toit BULLFLEX® sont déroulés.
3. Les flexibles de remblai de soutènement de toit BULLFLEX® sont fixés sur l'élément de soutènement en acier à l'aide d'attaches intégrées fournies.
4. Les buses de remplissage attachées aux flexibles à sceller sont insérées dans les orifices de remplissage et fixées par un collier. Si les flexibles de remblai de soutènement de toit BULLFLEX® sont équipés de plusieurs orifices de remplissage, la procédure de remplissage commence au niveau des orifices situés en bas. Vérifiez que le flexible de remblai de soutènement de toit BULLFLEX® se gonfle correctement et prend la forme souhaitée.
5. Le matériau de remplissage est injecté dans tous les orifices de remplissage jusqu'à ce qu'une pression de 4 [bar] (58 [psi]), mesurée au point de remplissage, soit atteinte. Attendez ensuite environ 3 minutes. Ensuite, continuez jusqu'à ce qu'une pression de 4 [bar] (58 [psi]) soit de nouveau atteinte. Test in situ : le flexible de remblai de soutènement de toit BULLFLEX® doit avoir une pression au pouce comparable à celle d'un pneu de vélo.

**Remarque :** pendant le remplissage (injection de ciment), tous les équipements de protection individuelle standard et recommandés doivent être utilisés. Les flexibles de remblai de soutènement de toit BULLFLEX® sont résistants aux infiltrations d'eau de mine. Le tissu lui-même n'est soluble que dans les acides inorganiques concentrés et le phénol.

**Percement de tunnels**

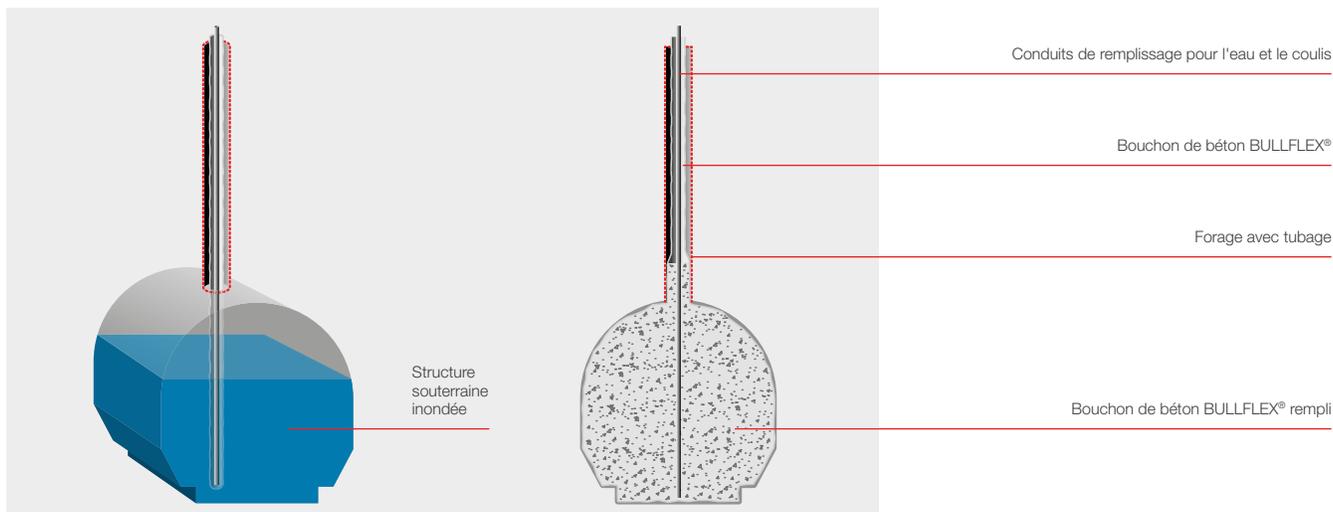


**Exploitation minière**



## Solutions spéciales

### Barrières techniques – Bouchons de béton pour structures souterraines inondées



#### Procédure d'installation

1. Forage d'un trou tubé depuis la surface jusqu'à la zone inondée du tunnel.
2. Insertion d'un flexible à sceller BULLFLEX® dans le trou de forage allant de la surface jusqu'au fond de la section transversale du tunnel.
3. Remplissage du bouchon BULLFLEX® avec du coulis pour remplacer l'eau.

*Piliers artificiels*



*Réhabilitation des mines – Mesures de sécurité*



## Coussins de renfort



## Caissons de mise à niveau



## Références supplémentaires

- Van Zanten, R. V. : Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering. A.A. Balkema. Rotterdam/Boston, 1986. ISBN 90 6191 6240. Page 156 ff.
- Safe application of mine roadway support systems. Rock Mechanics Technology Ltd, 2004. ISBN 0 7176 2847 7
- Breinig, F., Opolony, K. : Geplante Doppelnutzung einer Rechteckankerstrecke in 1200 m Teufe im Floez D2/C. Martens, P.N. (éd.) : Aachen International Mining Symposia 2004. Glueckauf, Essen, 2004. Page 159 ff.
- Déclaration de conformité et fiches techniques des matériaux
- Agrément allemand pour les applications souterraines (N° 18.43.21-61-40)
- Schéma d'acceptation de British COAL (n° NMM 5318) pour l'utilisation du matériau (tissu) comme élément de soutènement souterrain
- Nitschke, A.G. et al. : Innovative Rehabilitation of Existing Tunnels Under Minimum Impact on Operation. 2015 SME Annual Meeting, Preprint 15-131, February 2015

# *Forage mécanisé de tunnels*





## Contenu

Introduction	243
Domaines d'application	245
<b>Scellements structurels BULLFLEX®</b>	<b>246</b>
<b>Système d'injection en PRV AT</b>	<b>258</b>

## Introduction

En ce qui concerne les méthodes de pointe utilisées dans le domaine du forage de tunnels, l'excavation conventionnelle (NATM/SEM) et l'excavation mécanisée sont les plus courantes.

DSI Underground a toujours accordé une attention particulière aux exigences spécifiques du forage mécanisé de tunnels et est maintenant en mesure de fournir un portefeuille complet de solutions de contrôle des terrains qui garantissent une excavation sûre et efficace.

En fonction du type d'excavation et des conditions du terrain, le forage mécanisé de tunnels s'accompagne d'exigences spécifiques au projet en matière de systèmes de contrôle des terrains, de technologie d'excavation et de sécurité au travail.

Les principales exigences sont les suivantes :

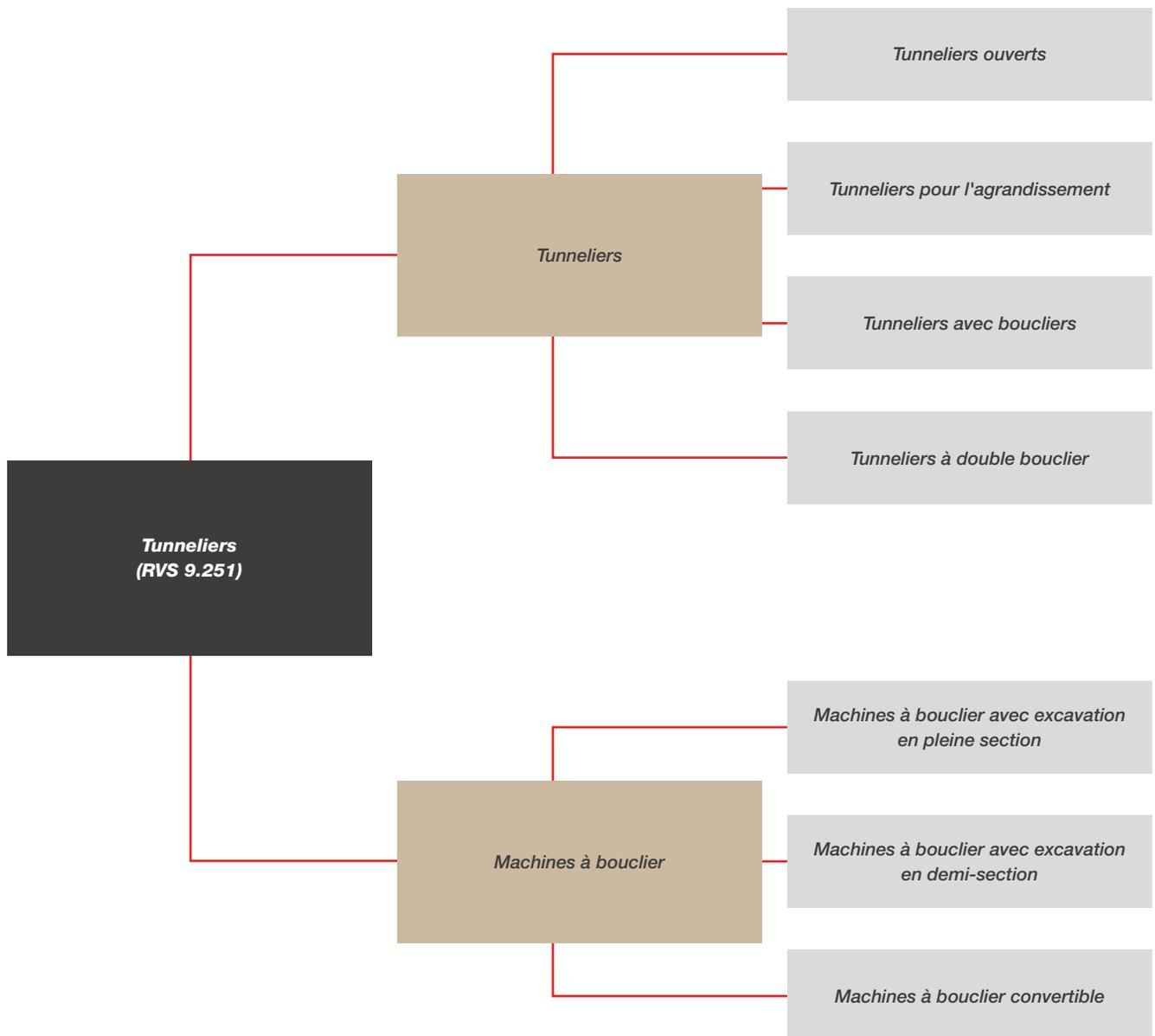
- La stabilisation du périmètre d'excavation pendant le battage
- Le remplissage et le scellement des cavités
- L'étanchéité contre les infiltrations d'eau
- Des ajustements flexibles pour tenir compte de l'évolution des conditions du sol
- Les mesures de pré-soutènement dans les zones de faille
- La stabilisation et la protection du tunnelier
- La minimisation des déplacements dans les zones urbaines

En principe, les machines de forage de tunnels sont classées en deux catégories : tunneliers (TBM) et machines à bouclier (SM). Les tunneliers sont principalement utilisés pour les sols durs et les machines à bouclier pour les sols meubles.

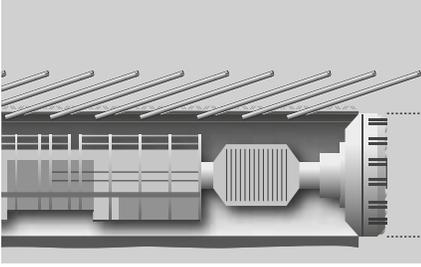
La priorité absolue est toujours accordée à une mise en œuvre sûre et économiquement réalisable de chaque projet de construction. Qu'il s'agisse de forages conventionnels ou mécanisés, les systèmes de contrôle des terrains innovants et de haute qualité sont essentiels.

Outre son expertise de plusieurs décennies, DSI Underground offre la plus large gamme de produits disponible sur le marché.

- Revêtement segmentaire
  - Scelllements structurels BULLFLEX®
- Solutions d'injection chimique et de scellement
  - Système d'injection en PRV AT
  - Système de barre creuse DSI
  - Lances d'injection en PRV
  - Systèmes d'injection DSI
- Soutènement passif en acier
  - Tôles de revêtement
  - Nervures
- Systèmes d'enfilage
  - Pointes à barre creuse DSI
  - AT – TUBESPILE™
  - Système de soutènement au moyen de tubes AT pour voûte parapluie
- Boulons
  - Système de barre creuse DSI
  - Boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT®
  - Boulons frottants S-D (autoforants) POWER SET
  - Boulons en PRV
  - Treillis
- Équipement
  - Unités de fixation pour l'installation semi-mécanisée ou entièrement mécanisée de solutions de contrôle des terrains
  - Pompes à coulis, à injection et à remblai
  - Débitmètres-pressiomètres d'injection et enregistreurs de données d'injection



## Domaines d'application



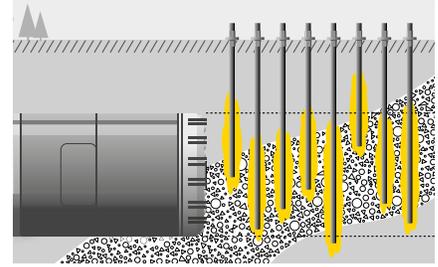
### Enfilage

- Système de barre creuse DSI
- AT – TUBESPILE™



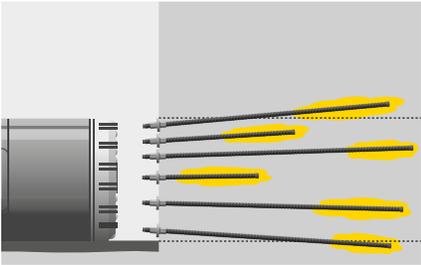
### Remplissage de cavités

- Systèmes d'injection DSI
- Lances d'injection en PRV



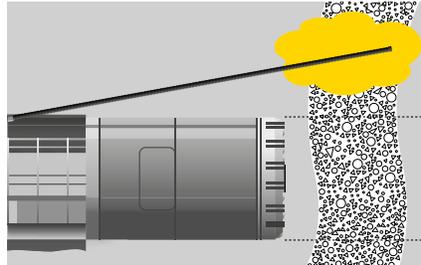
### Stabilisation du sol

- Systèmes d'injection DSI
- Lances d'injection en PRV



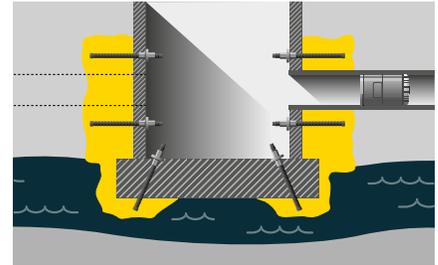
### « Soft Eyes » et travers-bancs

- Boulons en PRV
- Systèmes d'injection DSI



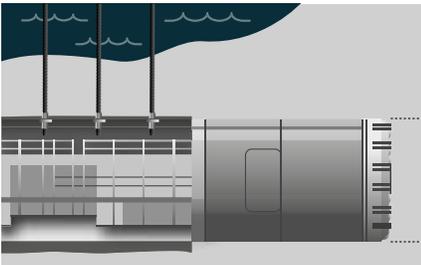
### Consolidation de la zone de faille

- Système d'injection en PRV AT
- Systèmes d'injection DSI



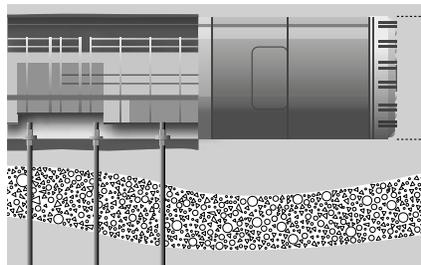
### Étanchéité à l'eau

- Systèmes d'injection DSI



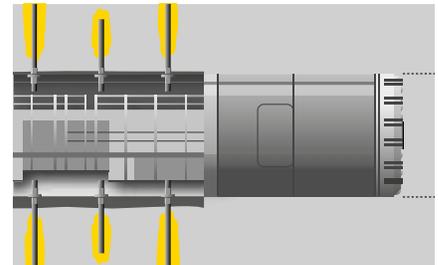
### Assèchement

- Système d'assèchement AT
- Lances de vide AT – TUBESPILE™



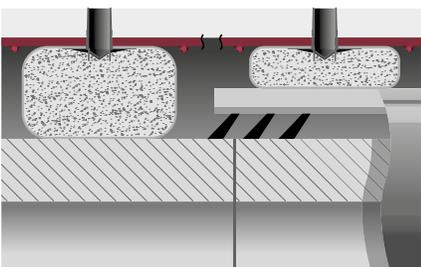
### Micropieux

- Système de barre creuse DSI
- Système de tubes AT pour voûte parapluie



### Injection radiale

- Système de barre creuse DSI
- Systèmes d'injection DSI



### Scelllements structurels BULLFLEX®

- Membrane d'étanchéité à joint torique, installée dans l'espace annulaire entre les anneaux du segment de revêtement et l'enveloppe extérieure ou le sol
- Étanchéité à l'eau (liquides) et à l'air comprimé
- Lancement et réception des tunneliers
- Scellement ou remplacement du revêtement des tunnels existants
- Scellement des espaces annulaires dans les structures civiles
- Protection et stabilisation de la tête de coupe pendant le processus de réparation

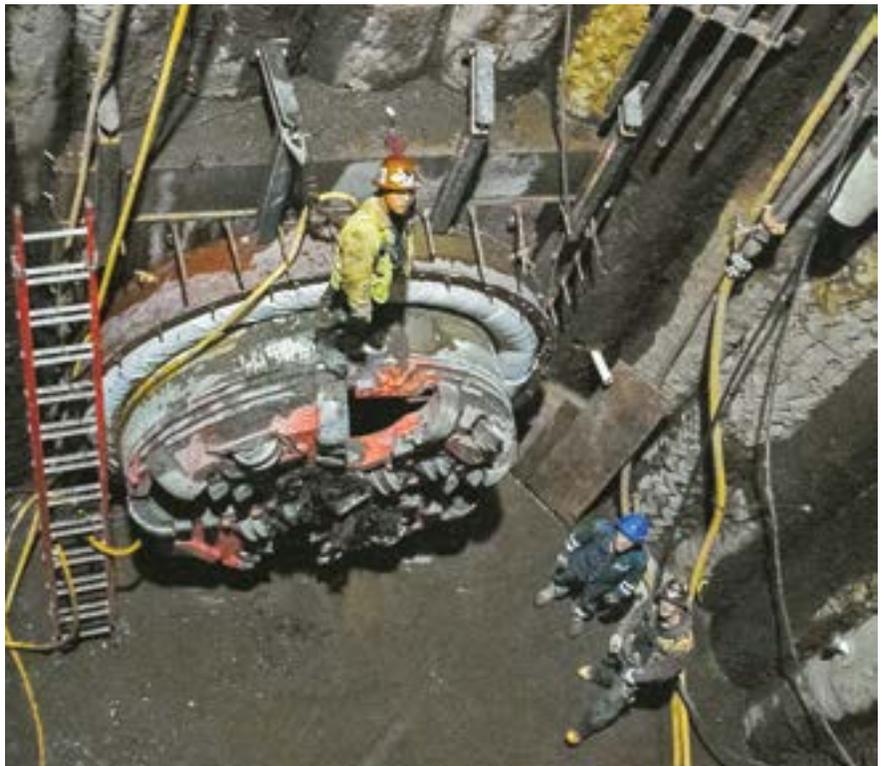
### Système d'injection en PRV AT

- Amélioration du sol combinée à une excavation mécanique
- Mesures d'étanchéité à proximité des ouvertures et des excavations
- Mesures d'étanchéité dans les zones de faille aquifères

# Scellements structurels **BULLFLEX®**

Les scellements structurels BULLFLEX® ont été développés comme une solution spéciale pour la construction souterraine. Les principales applications de ce système sont les systèmes de scellement par joints toriques utilisés en combinaison avec les tunneliers (TBM). Ils se composent de flexibles textiles brevetés en tissu très résistant, qui sont ensuite remplis de matériaux de construction à base de ciment, ce qui leur confère une capacité de charge exceptionnelle.

Les scellements structurels BULLFLEX® sont disponibles en différentes dimensions, ce qui permet une adaptation optimale aux dimensions de l'excavation et de la machine. Tous les composants du système sont légers et faciles à transporter et à installer. DSI Underground jouit d'une longue expérience dans l'application des scellements structurels BULLFLEX®. Cette solution a été utilisée avec succès dans le cadre de plusieurs projets d'infrastructure mondiaux, grâce à l'expertise technique et au support sur site de DSI Underground.



## Description du système

Les scellements structuraux BULLFLEX® sont utilisés partout où une solution rapide de joint torique est nécessaire. Leur application assure la protection des machines et des structures civiles contre les produits de rinçage, l'air comprimé, l'eau et les matériaux de construction. Chaque scellement structural BULLFLEX® est conçu sur mesure pour son application, et s'appuie sur une vaste expérience et des solutions d'ingénierie à l'échelle mondiale.

Grâce à l'effet filtrant spécial du tissu BULLFLEX® sans fin et breveté, l'eau excédentaire dans le coulis est immédiatement évacuée, ce qui permet d'accélérer la procédure de durcissement.

Ainsi, la pression à l'intérieur du système BULLFLEX® est maintenue et provoque une précharge active dans le périmètre de l'excavation, ce qui conduit à une action de scellement immédiate.

Grâce à la charge active de mise en place et au transfert immédiat de la charge, les flexibles à sceller BULLFLEX® fonctionnent comme un support efficace. Le système BULLFLEX® peut être facilement adapté aux conditions du site grâce aux différents diamètres ou matériaux de remplissage disponibles.

Les scellements structuraux BULLFLEX® peuvent être utilisés pour diverses applications telles que :

- Joint torique enveloppe/segment
- Joint torique enveloppe/bouclier
- Joint torique enveloppe/sol
- Joint torique contre tubes de fonçage
- Joint torique à flexibles emboîtés enveloppe/bouclier et enveloppe/segment
- Scellement d'urgence
- Scellement segmentaire

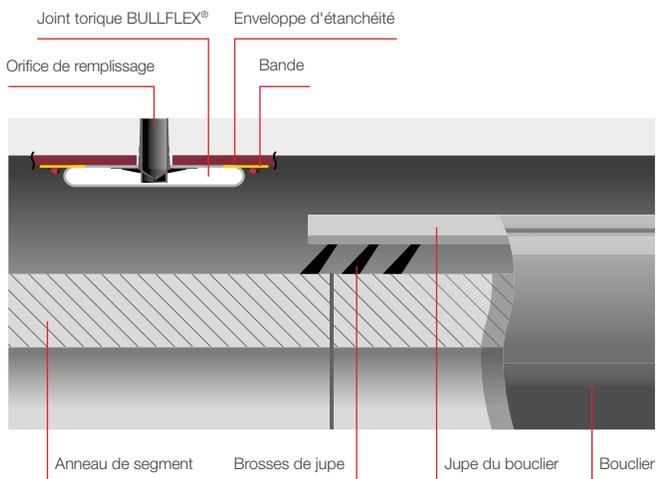


## Principaux avantages

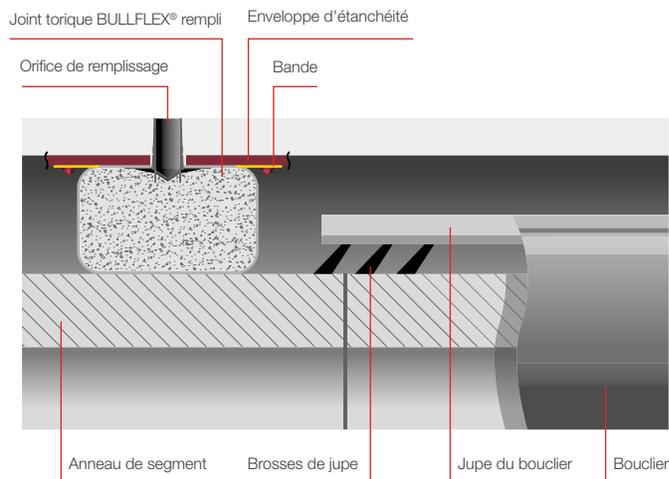
- Installation rapide et facile
- Compensation facile des surfaces d'excavation excentriques et inégales
- Fiabilité prouvée contre la rupture du scellement dans toutes les phases de travail lors du passage du tunnelier
- Application possible même dans des conditions d'espace limitées
- Système spécial à flexibles emboîtés pour les applications de lancement du tunnelier
- Manipulation aisée sur site grâce à la légèreté des composants
- Haute résistance à la déchirure
- Pas de coutures longitudinales
- Le remplissage peut être réalisé à l'aide de différents types de matériaux
- Sans rétraction

## Solutions de système

### Joint torique enveloppe/segment

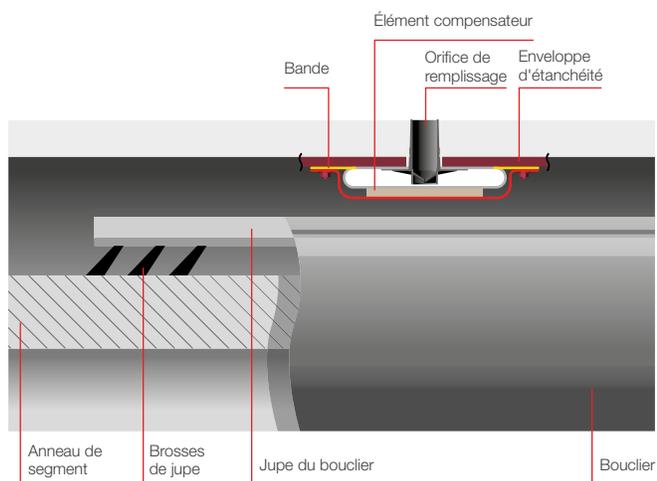


- Phase 1 : le bouclier du tunnelier est passé devant l'enveloppe d'étanchéité

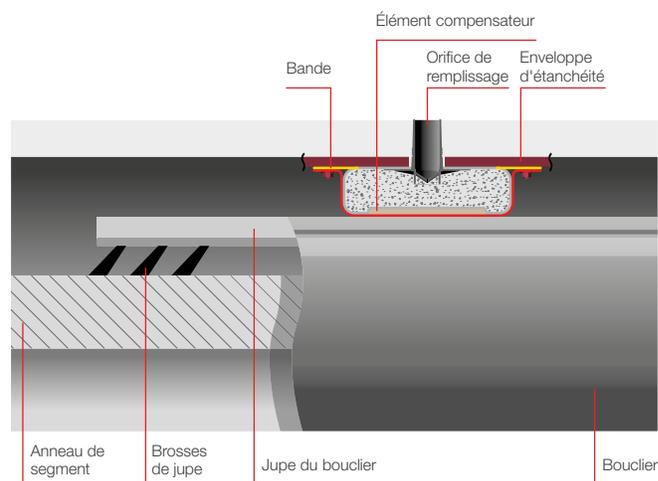


- Phase 2 : activation du joint torique BULLFLEX®
- Minimisation des fuites (eau ou liquides d'irrigation)

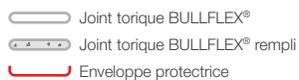
### Joint torique enveloppe/bouclier



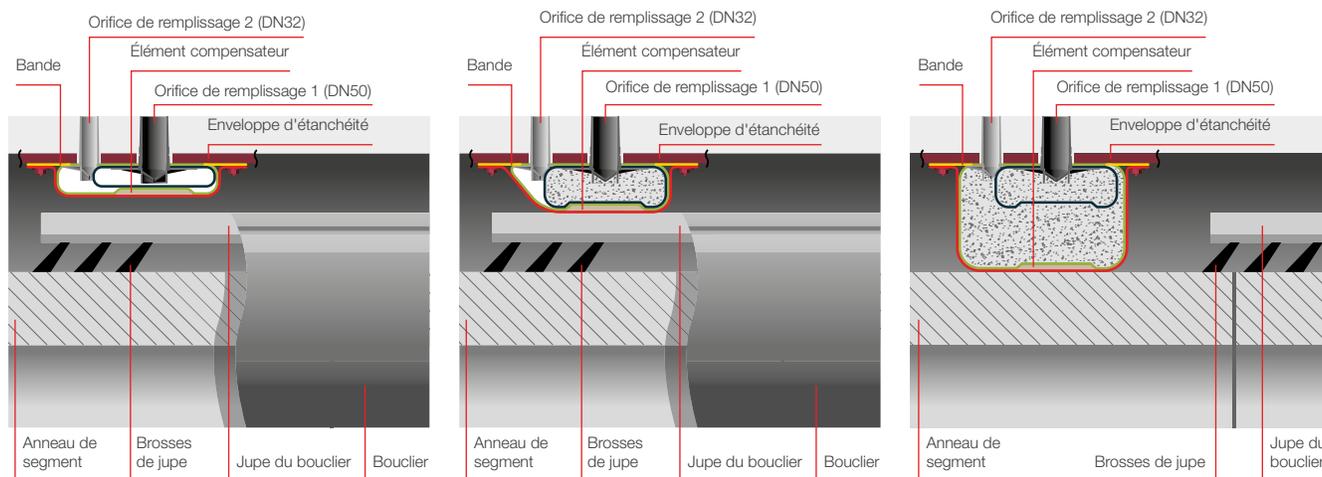
- Phase 1 : la tête de coupe du tunnelier a dépassé l'enveloppe d'étanchéité



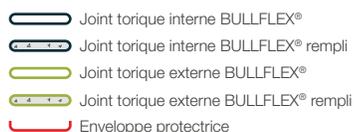
- Phase 2 : le joint torique BULLFLEX® activé permet le lancement sous pression du tunnelier
- Le tunnelier passe sous le joint torique BULLFLEX® qui scelle l'espace entre l'enveloppe d'étanchéité et le bouclier
- Les conicités ou excentricités sont compensées par un élément compensateur



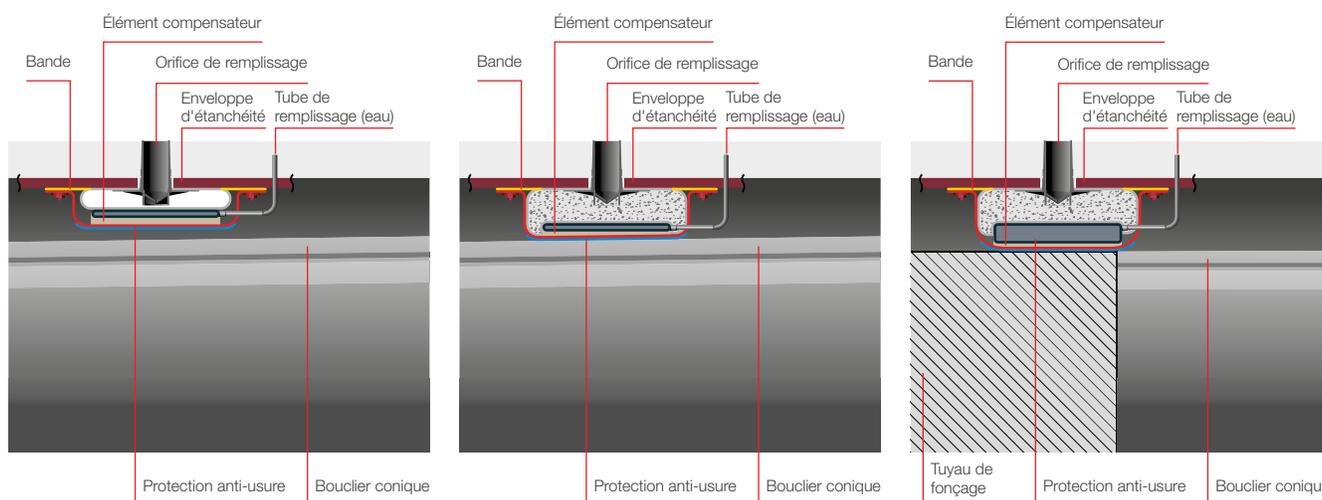
## Joint torique à flexibles emboîtés enveloppe/bouclier et enveloppe/segment



- Un système à flexibles emboîtés est une combinaison de scellements enveloppe/segment et enveloppe/bouclier
- Phase 1 : le bouclier du tunnelier est situé dans la zone du joint torique BULLFLEX®
- Phase 2 : le flexible interne du joint torique BULLFLEX® assure l'étanchéité de l'espace entre l'enveloppe et le bouclier
- Phase 3 : le flexible externe du joint torique BULLFLEX® assure l'étanchéité de l'espace entre l'enveloppe et le segment



## Joint torique contre tubes de forçage

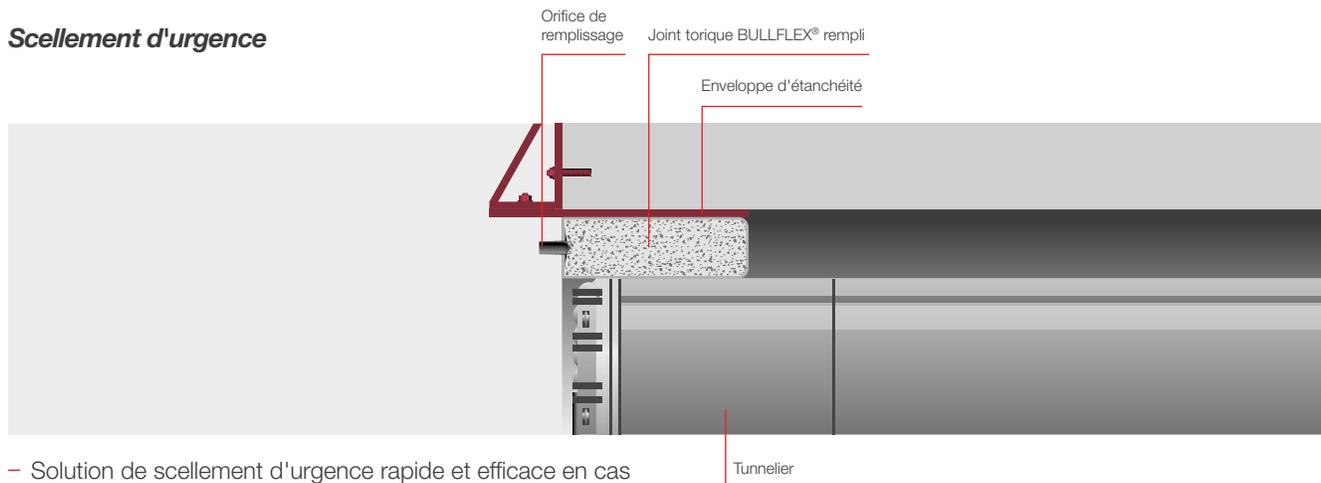


- Phase 1 : la tête de coupe du micro tunnelier a dépassé l'enveloppe d'étanchéité
- Phase 2 : le joint torique BULLFLEX® activé permet le lancement sous pression du micro tunnelier
- Le micro tunnelier passe sous le joint torique BULLFLEX® qui scelle l'espace entre l'enveloppe d'étanchéité et le bouclier
- Phase 3 : les conicités ou excentricités sont compensées par un élément compensateur
- Un dispositif de scellement secondaire rempli de liquide peut être activé à titre de mesure supplémentaire



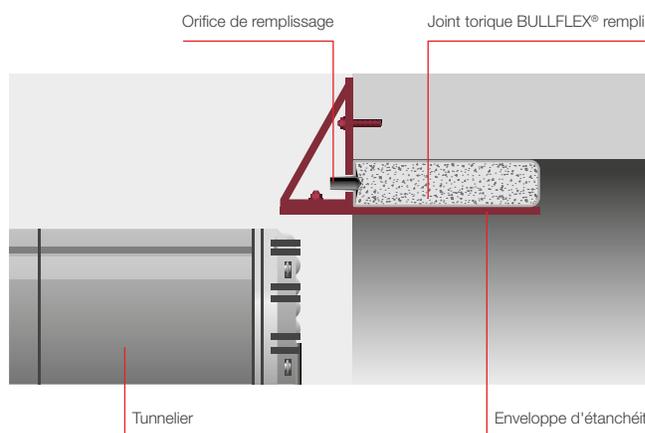
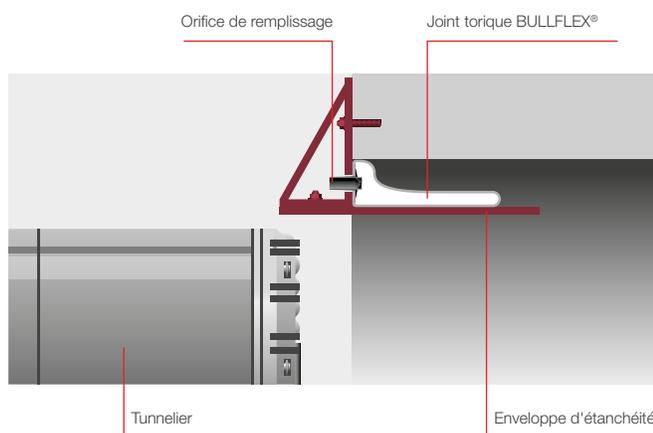
À propos de nous  
 Boulons  
 Produits chimiques d'injection  
 Pré-soutènement et assèchement  
 Soutènement passif  
 Forage mécanisé de tunnels  
 Index des produits

### Scellement d'urgence



- Solution de scellement d'urgence rapide et efficace en cas de rupture des joints à lèvres en caoutchouc ou des joints de jupe de bouclier

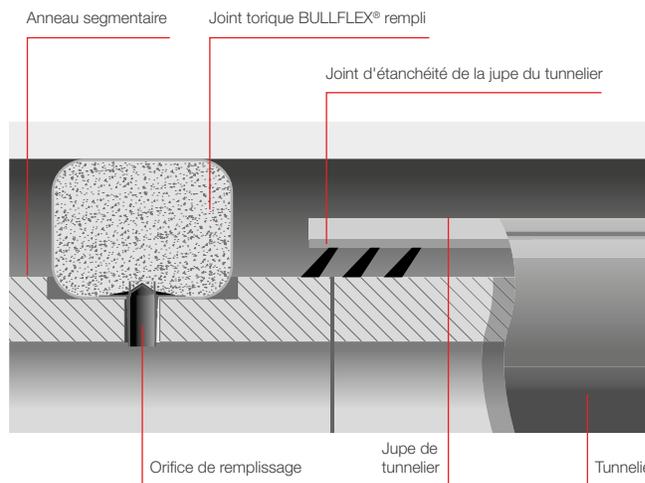
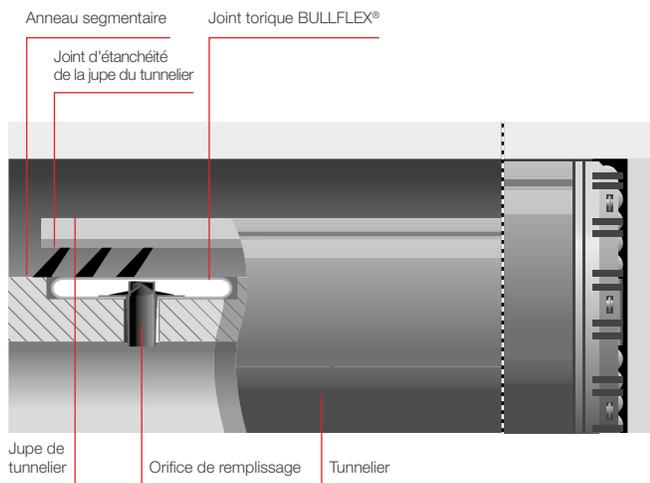
### Joint torique enveloppe/sol



- Phase 1 : intégration du joint torique BULLFLEX® dans un anneau de soutènement

- Phase 2 : activation du joint torique BULLFLEX®
- Solution de scellement simple et rapide

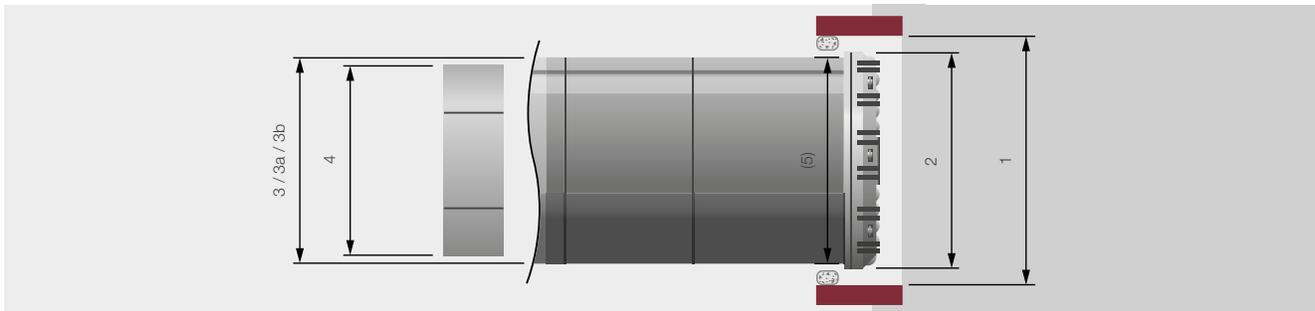
### Scellement segmentaire



- Les scellements segmentaires BULLFLEX® sont intégrés dans des évidements du côté extérieur de chaque segment en béton d'un anneau complet
- Des particularités telles que les orifices d'injection ou les points de levage à vide doivent être prises en compte

- Une fois que le joint d'étanchéité de jupe du tunnelier a dépassé les segments où les scellements segmentaires BULLFLEX® sont installés, l'activation des scellements est réalisée par le remplissage simultané

## Informations pertinentes sur la conception



Paramètre	Unité	Numéro
Diamètre interne de l'enveloppe d'étanchéité	[mm] / [in]	1
Diamètre externe de la roue de coupe	[mm] / [in]	2
Diamètre externe du bouclier	[mm] / [in]	3
Uniquement pour les boucliers coniques : diamètre externe max du bouclier	[mm] / [in]	3a
Uniquement pour les boucliers coniques : diamètre externe min. du bouclier	[mm] / [in]	3b
Diamètre externe du segment	[mm] / [in]	4
Tolérance d'excentricité (fonçage de tubes)	[mm] / [in]	(5)
Pression de l'eau (ou du remblai)	[bar] / [psi]	-

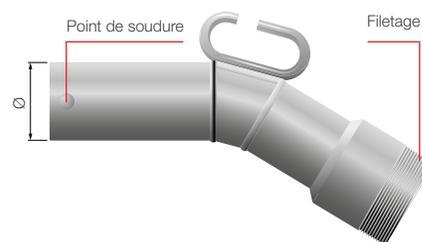


## Composants du système

- Flexibles à sceller BULLFLEX®
  - Tissu sans fin breveté en polyamide 6,6
  - Haute résistance à la déchirure et absence de coutures longitudinales
  - Antistatiques, ignifuges et autoextinguibles
  - Gamme de diamètres externes nominaux : de 230 [mm] (9,1 [in]) à 800 [mm] (31,5 [in])
  - Des diamètres hors normes et des conceptions spéciales sont disponibles sur demande
  - Pression nominale par défaut de 4 [bar] (58 [psi]), pression maximale personnalisée jusqu'à 8 [bar] (116 [psi])
  - Retenue du contenu minéral du coulis pendant le drainage grâce à l'effet filtrant spécial du système BULLFLEX®
  - Perméables à l'air et à l'eau
- Orifices de remplissage BULLFLEX®
  - Avec clapet anti-retour, diamètre interne de 32 [mm] (1¼ [in]) ou de 50 [mm] (2 [in])
- Inserts de scellement fonctionnels flexibles et inserts de protection pour l'amélioration des capacités en matière de scellement

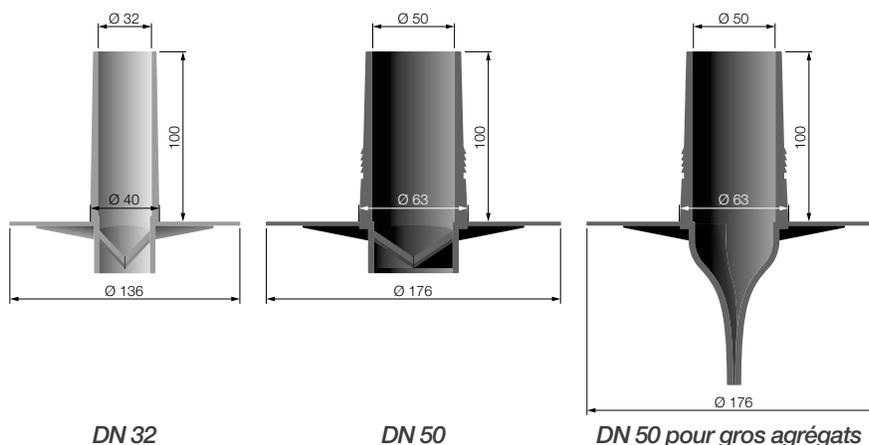
- Entrées étanches jusqu'à 8 [bar] (116 [psi]) – scellements d'urgence et ajustement des scellements existants
- Enveloppes protectrices et éléments compensateurs
- Dispositifs de fixation
  - Bandes
  - Rubans auto-agrippants
  - Systèmes de clips
- Matériau de remplissage
  - Voir le tableau pour les matériaux d'injection recommandés

### Buse de remplissage DN 32 / DN 50



Orifice de remplissage	DN 32	DN 50
Ø [mm]	28	45
Filetage ["]	1 ¼	2

### Orifices de remplissage



## Spécifications

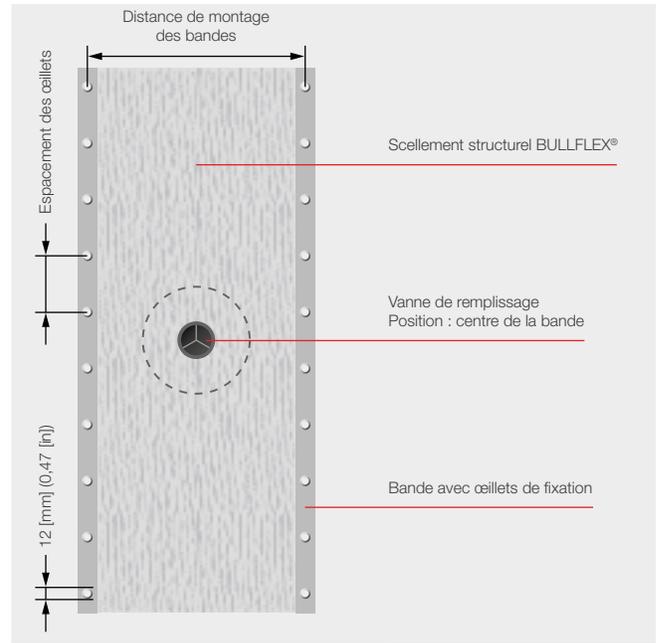
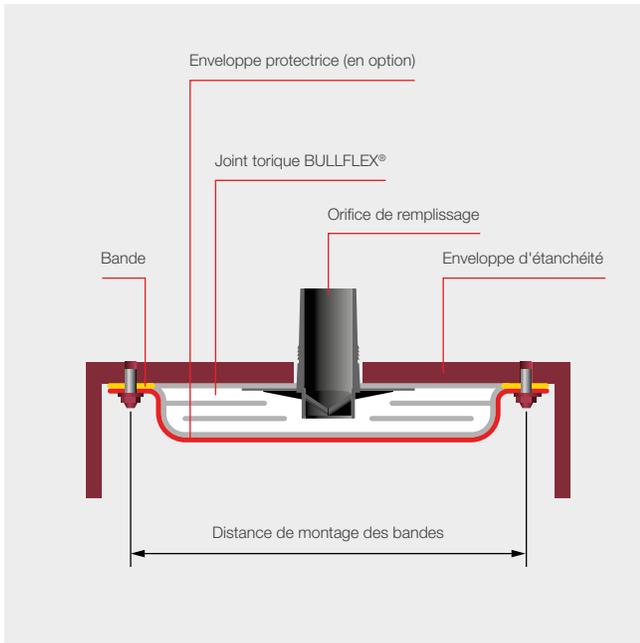
Caractéristiques <sup>1)</sup>	Unité	Valeur	Remarques	
Matériaux	[-]	Polyamide 6,6	Nylon	
Poids	[g/m²] / [oz/yd²]	Environ 660 / 19,5	-	
Épaisseur du tissu	[mm] / [in]	Environ 1 / 0,04	-	
Résistance à la traction minimale	L <sup>2)</sup> T <sup>3)</sup>	[N] / [lbf]	12 000 / 2 698 24 000 / 5 395	Largeur de 100 [mm] / 3,94 [in] Conformément à la norme ISO 10319
Allongement maximal correspondant	L <sup>2)</sup> T <sup>3)</sup>	[%]	20	Conformément à la norme ISO 10319
Allongement élastique	L <sup>2)</sup> T <sup>3)</sup>	[%]	15	Conformément à la norme ISO 10319
Résistance minimale des coutures		[kN/m] / [lbf/ft]	155 / 113	-
Flux d'air à travers le tissu sous pression [mbar] ([psi])	10 (0,15) 20 (0,30) 30 (0,45)	[L/min] / [gal/min]	6,5 / 1,7 13 / 3,4 19 / 5,0	À 100 [cm²] / 15,5 [in²]
Résistance résiduelle à la traction		[%]	20 - 30	Après 1 an et exposé à la lumière en Floride

1) Les valeurs indiquées sont des valeurs de laboratoire et peuvent varier d'un site à l'autre.

2) Longitudinale.

3) Transversale.

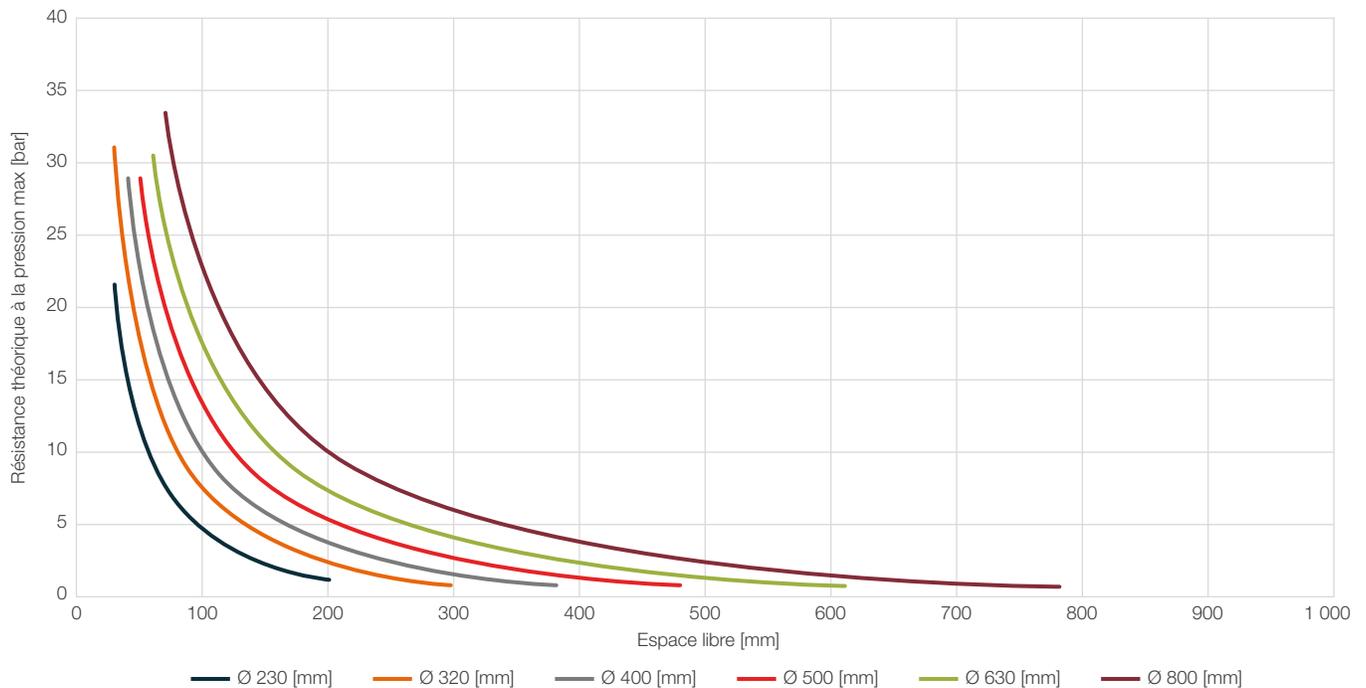
## Bande



Espacement des œillets	Distance de montage		
	250	300	350
[-]	[mm]	[mm]	[mm]
100 [mm]	230 - 320	320 - 500	500 - 800
170 [mm]	230 - 320	320 - 500	500 - 800
11 [in]	230 - 320	320 - 500	500 - 800

## Caractéristiques

Résistance théorique à la pression max en fonction de l'espace libre et du diamètre du BULLFLEX®



## Procédure d'installation

### Montage du joint torique enveloppe/bouclier ou enveloppe/segment



1. Montage du joint torique BULLFLEX® pour le marquage des points de soudure.



2. Soudage de boulons/goujons sur le support de scellement  
Remarque : les flexibles BULLFLEX® doivent être protégés contre les étincelles et l'acier en fusion.



3. Fixation du joint torique BULLFLEX® dans la zone supérieure.  
Début de l'enroulement avec le centre du recouvrement à la position 6 heures.



4. Fixation du joint torique BULLFLEX® dans la zone inférieure.



5. Fixation des tubes de remplissage dans les vannes de remplissage BULLFLEX®.



6. Afin de garantir une bonne séquence d'injection, les tubes de remplissage doivent être identifiés par des couleurs différentes.

## Recommandations générales

- Veillez à ce que les flexibles d'injection ne soient pas pliés
- Évitez tout contact avec des arêtes vives afin de ne pas endommager le tissu
- Les pompes à vis sont des pompes à haute pression, c'est pourquoi seuls des flexibles renforcés d'acier peuvent être utilisés pour acheminer le coulis
- Avant de démarrer la machine, assurez-vous que le coulis est de consistance facile à travailler
- Le flexible d'alimentation ne doit présenter aucune fuite (en particulier au niveau des raccords) et l'intérieur des flexibles doit être suffisamment lubrifié
- Avant de retirer la buse de remplissage ou la bride de sortie de la pompe, assurez-vous que ces composants sont dépressurisés en démarrant le moteur principal de la pompe d'injection en sens inverse
- Afin d'éviter toute blessure aux yeux, il est nécessaire de porter des lunettes de protection, y compris lors de l'élimination des obstructions de la pompe
- La personne chargée de faire fonctionner la pompe doit se trouver à une distance sûre de tout matériau susceptible d'être déversé
- Il convient donc d'éviter que d'autres personnes ne se trouvent à proximité immédiate
- Pendant le remplissage (injection de ciment), tous les équipements de protection individuelle standard et recommandés doivent être utilisés
- Les flexibles à sceller BULLFLEX® sont résistants aux infiltrations d'eau dans les tunnels. Le tissu lui-même n'est soluble que dans les acides inorganiques concentrés et le phénol
- Vous trouverez de plus amples informations dans la fiche technique de BULLFLEX®



## Remplissage du joint torique enveloppe/bouclier ou enveloppe/segment

- Vérifiez de nouveau la documentation et les spécifications spécifiques au projet : longueur, diamètre et nombre d'orifices de remplissage
- Les joints toriques BULLFLEX® sont remplis via une série d'orifices de remplissage conformément à leur étiquetage sur le puits
- La documentation spécifique au projet indique l'ordre chronologique et la quantité de matériaux de remplissage à prendre en compte pour chaque orifice de remplissage et au total
- Uniquement pour le dernier orifice de remplissage : augmentation de la pression de remplissage jusqu'à 4 [bar] (58 [psi]) ou jusqu'à la pression indiquée dans la documentation spécifique au projet
- Une fois la pression nominale atteinte, attendez environ 3 minutes. Ensuite, continuez jusqu'à ce qu'une pression de 4 [bar] (58 [psi]) soit de nouveau atteinte

## Matériau d'injection recommandé <sup>1)</sup>

Caractéristiques	Unité	Valeur	Remarques
Composition	[%]	25 - 50 % de ciment Portland 75 - 50 % de cendres volantes	Il est également possible d'utiliser de la poudre de pierre ou un mélange de cendres volantes et de sable à la place des cendres volantes <sup>2)</sup>
Force de compression après 1 jour	[N/mm <sup>2</sup> ] / [psi]	> 2 / > 290	EN 196 / ASTM C1019
Force de compression après 28 jours	[N/mm <sup>2</sup> ] / [psi]	> 25 / > 3 630	EN 196 / ASTM C1019
Classe d'affaissement	[-]	Moyen-élevé	EN 12350-5 / ASTM C143
Taille maximale des grains	[mm] / [in]	3,8 / 0,15	Courbe granulométrique des agrégats par défaut
Rapport E/C	[1]	0,7 - 0,9	-
Temps de prise	[min]	30 - 120	-

1) Références supplémentaires : ASTM C1107 ; ASTM C827 ; ASTM C143 ; EN 1045 ; EN 206-1.

2) Les agrégats ne doivent pas contenir de composants nocifs pour le béton.

### Principaux facteurs affectant la maniabilité du matériau d'injection

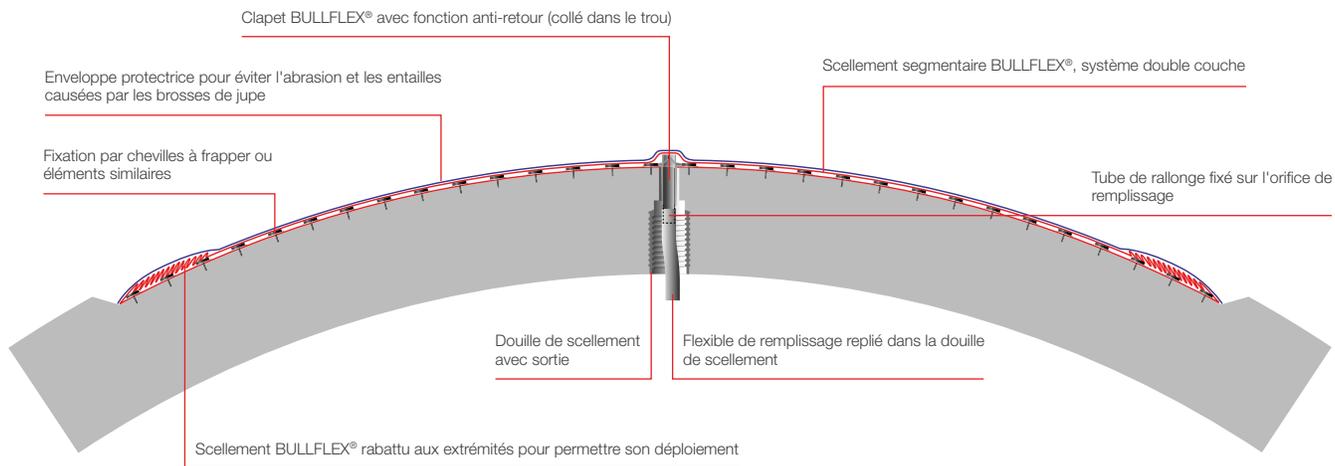
- Rapport eau-ciment
- Quantité et type d'agrégats et de ciment
- Température ambiante
- Additifs chimiques

### Exigences en matière d'équipements de pompage et de mélange

- Application d'une unité de mélange et de pompage séparée ou d'un dispositif combiné de mélange et de pompage
- Possibilité d'utiliser des pompes à vis standard pour les travaux de revêtement ou d'injection avec une puissance nominale de 7,5 à 12 [kW] et un débit minimum de 20 [L/min] (5 [gal/min])
- Les taux de remplissage par défaut doivent être compris entre 80 - 180 [L/min] (21 - 48 [gal/min])



## Scellement et support segmentaire



- Scelllements segmentaires BULLFLEX®
  - Réduction de la circulation de l'eau
  - Prévention du lessivage de remblai
  - Absence de flottement de la colonne du segment

- Support segmentaire BULLFLEX®
  - Contact immédiat entre les segments et le sol
  - Prévention de l'ovalisation
  - Pas de redistribution de gravier
  - Stabilisation dans la zone des travers-bancs ou des tronçons prolongés, p. ex. prévention des tassements ou des déformations angulaires



# Systeme d'injection en PRV AT

## Introduction

Le système d'injection en PRV AT est un SYSTÈME AT avec des tubes renforcés de fibres de verre (PRV), qui est installé par autoforage. Ce système est principalement utilisé lorsque l'acier ne peut pas être utilisé dans le sol ou lorsque les tubes d'injection sont ensuite excavés par un tunnelier.

Les tubes d'injection permettent l'insertion dans le sol de tout type de fluide d'injection exerçant une influence sur le sol. Ces injections peuvent servir à améliorer le sol ou à l'imperméabiliser. Le système d'injection en PRV AT peut donc être installé dans la roche fissurée ainsi que dans des conditions de terrains défavorables.

## Principaux avantages

- Installation à l'aide de machines de forage standard
- Le personnel sur place peut exécuter les travaux de forage sous la supervision des ingénieurs d'application
- Installation rapide grâce au forage et au tubage simultanés (autoforage)
- La longueur des tubes en PRV peut être adaptée à l'espace disponible
- Les tubes d'injection en PRV peuvent être coupés et évacués par la roue de coupe d'un tunnelier



## Description du système

Le système d'injection en PRV AT est installé élément par élément via un forage par roto-percussion avec des flèches de forage conventionnelles. Le refroidissement du foret et l'évacuation des débris s'effectuent à l'intérieur du tube en PRV. Après l'installation, différents types de matériaux peuvent être immédiatement injectés dans le sol afin d'améliorer les propriétés du sol ou de garantir l'étanchéité.



## Composants du système

Unité de démarrage AT avec foret



Tubes de rallonge en PRV AT



Raccord en aluminium



Adaptateur de foret



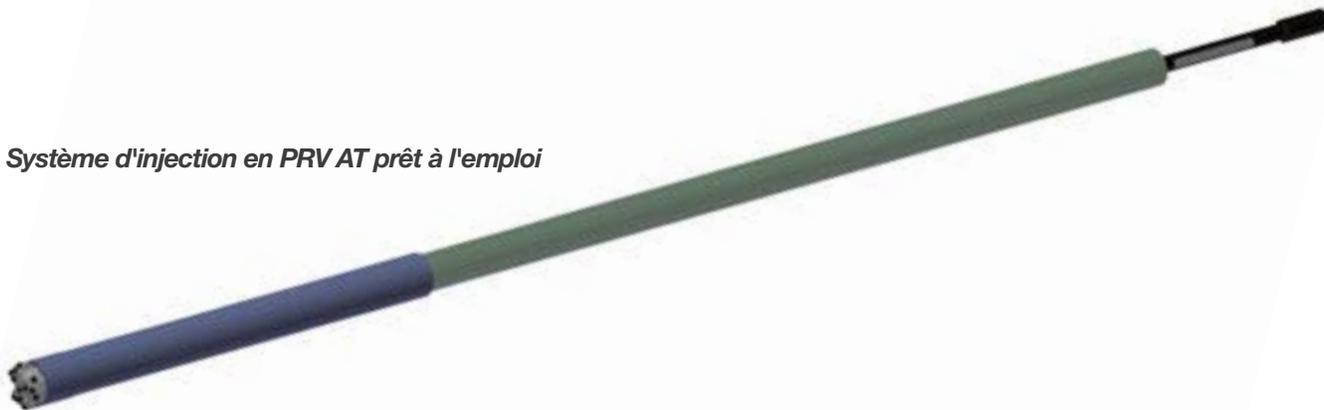
Adaptateur de raccord et tiges de forage



Bouchon de scellement avec soupape à bille



## Système d'injection en PRV AT prêt à l'emploi



### Spécifications

- Tubes de rallonge en PRV AT – 76 : diamètre externe de 76 [mm] (3 [in]), épaisseur de paroi de 8 [mm] (5/16 [in])
- Longueurs de tube standard : 1,0 / 2,0 / 3,0 [m] (3,3 / 6,6 / 9,8 [ft])

### Caractéristiques techniques

- La longueur des tubes d'injection en PRV AT peut facilement être adaptée grâce à l'installation élément par élément
- Extension simple des tubes en PRV même dans un espace de travail confiné

- Grande précision de forage lors de l'installation
- L'équipement de forage du tunnelier peut être utilisé pour l'installation
- Application optionnelle en combinaison avec des tubes de rallonge en acier

## Procédure d'installation

1. L'unité de démarrage avec foret à usage unique est connectée au premier tube de rallonge en PRV. Cette pièce est ensuite montée sur la flèche de forage avec l'adaptateur de foret et les tiges de forage.
2. Forage du premier tube de rallonge en PRV.
3. Le tube de rallonge en PRV suivant et la tige de forage sont reliés à la partie précédemment installée et sont forés par la suite.
4. Répétez la dernière étape jusqu'à ce que la longueur prévue, incluant le tube d'extrémité en PRV, soit installée.



## Accessoires

- Débitmètre-pressiomètre d'injection
- Injecteur de tube à manchon
- Garniture d'étanchéité profonde
- Pompe à mélange de coulis
- Systèmes d'injection DSI
- Taraud de repêchage
- Clé serre-tube à chaîne
- Clé de serrage pour tiges de forage
- Centralisateur
- Équipements de forage de roche : adaptateur de foret, raccord et adaptateur de raccord



## Unité de démarrage AT avec fonction de scellement

DSI Underground a développé une unité de démarrage spéciale avec fonction de scellement qui permet l'application d'un scellement ou la mise en place de voûtes parapluie dans des conditions de sol avec une entrée d'eau souterraine élevée sous pression.

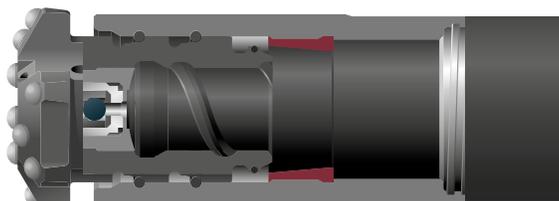
Le scellement du train de tiges est réalisé par :

- L'utilisation d'un bloc obturateur de puits (BOP) qui scelle l'espace annulaire entre la paroi du trou de forage et le tube
- Le double scellement du train de tiges interne par un clapet anti-retour et un joint torique radial

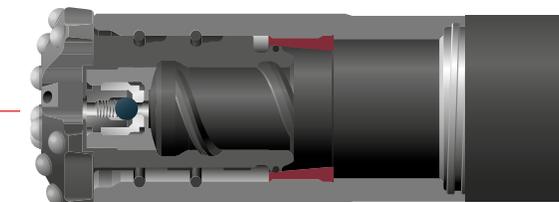
Unité de démarrage : AT - 89, AT - 114, ou AT - 139



Position de forage (ouverte)



Position d'extension et de scellement (fermée)



## Composants du système – Combinaison d'acier et de PRV

Unité de démarrage AT avec foret



Tubes de rallonge en acier AT



Tube de rallonge en acier AT avec filetage de raccordement en PRV



Tubes de rallonge en PRV AT



Raccord en aluminium



Adaptateur de foret



Adaptateur de raccord et tiges de forage



Bouchon de scellement avec soupape à bille



# Index des produits



## A

Absorption d'énergie	88
Agents de liaison	104
Ancrage mécanique à barre pleine DSI	86
Ancrages à barre pleine DSI	67
Ancrages à torons	75
Ancrages mécaniques	84
Ancrages mécaniques à barre d'armature	84
AT – TUBESPILE™	162

## B

Barre creuse dynamique	91
Barre pleine - Boulon à palettes	90
Barres creuses	160
Barres pleines – Dynamic Posimix	89
Boulon à coquille d'expansion S-D	53
Boulon combiné à barre creuse	103
Boulon combiné à câble	102
Boulons à barre d'armature (boulons SN)	60
Boulons à câble	72
Boulons combinés à barre d'armature	96
Boulons combinés en PRV	102
Boulons en PRV	68
Boulons frottants	78
Boulons frottants expansibles OMEGA-BOLT®	80



<b>C</b>		
Carte du monde des projets	10	
Cartouches de ciment	115	
Cartouches de résine	105	
Compétences de fabrication	14	
Composants du système	33	
Conception de la voûte parapluie	169	
Coquille d'expansion	55	
<b>D</b>		
Débitmètre-pressiomètre d'injection DSI MAI® LOG	118	
Divers	125	
Domaines d'application	152	
<b>E</b>		
Écrous utilitaires, éléments d'ancrage et adaptateurs de forêts	58	
Effets de soutènement	154	
Équipement d'essai de traction	122	
Équipement d'injection	59	
Équipements de forage de roche	124	
<b>F</b>		
Fixations pour roches et sols	43	
Frottement continu	78	
<b>I</b>		
Installation mécanisée	24	
Installation par autoforage	50	
Installation par autoforage efficace	178	
<b>L</b>		
Lances de vide AT – TUBESPILE™	188	
Lances d'injection et pointes	45	
Le passé, le présent et l'avenir	8	
Lié de manière continue	60	
Longrines	121	
<b>M</b>		
Mineral Bolt – Résines de boulonnage par injection au silicate	110	
<b>N</b>		
Numérisation	23	
<b>P</b>		
Plaques	120	
Plaques d'enfilage	166	
Pointes	160	
Pointes tubulaires et à barre d'armature	164	
Pompes à mélange de coulis DSI MAI®	116	
Procédure d'installation à l'aide de l'unité d'automatisation de tubes AT pour voûte parapluie	179	
Protection contre la corrosion	38	
<b>Q</b>		
Qualité	20	
<b>R</b>		
Raccord pour injection ultérieure	57	
Réalité virtuelle	26	
Recherche et développement	22	
<b>S</b>		
Scelllements structuraux BULLFLEX®	246	
Sélection et classification des boulons	33	
Solutions de système	12	
Système d'assèchement AT	191	
Système de barre creuse DSI	40	
Système de barre pleine DSI	64	
Système d'injection en PRV AT	258	
Systèmes d'assèchement par forage	158	
<b>T</b>		
Taillants	48	
Technologie révolutionnaire	172	
Tendeurs de boulons à câble	76	
Tête d'ancrage élastique	56	
Type combiné	96	
Type frottant – OMEGA-BOLT® dynamique	94	
Type frottant – POWER SET	92	
Types de raccord pour tubes	170	
<b>U</b>		
Unité d'automatisation de tubes AT pour voûte parapluie	180	
<b>V</b>		
Voûte parapluie AT	168	

*Remarque :*

Cette brochure sert uniquement à fournir des informations de base. Les données techniques et informations fournies dans la présente doivent être considérées comme non contraignantes et peuvent être modifiées sans préavis. Nous déclinons toute responsabilité en cas de pertes ou dommages imputables à l'utilisation de ces données techniques ou d'un quelconque usage non conforme de nos produits. N'hésitez pas à nous contacter si vous avez besoin de plus amples informations sur des produits en particulier.

AT-B 501 875, AT-E 715 471, DE 50 2006 014 239.2,  
EP-B 1 915 505, AT-B 508 617, DE 10 2009 038 813,  
DE 10 2007 029548, AT-U12444, AT-B 512 243,  
AT-E 981 477, DE 50 2010 014 785.3, ES 2673325-T3,  
EP-B 2 464 908, AT-E 614 034, EP-B 2 473 296,  
AT-U 13 162, AT-E 705 881, EP-B 2 556 205,  
AT-U 13 738, AT-E 832 944, DE 50 2013 004 779.2,  
EP-B 2 836 680, AT-U 14 877, AT-U 15014,  
AT-U 15 453, AT-U 15 452, AT-E 926 230,  
DE 50 2016 000 757.8, EP-B 3 135 856, AT-E 1 076  
214, DE 50 2017 000 505.5, EP-B 3 231 980,  
DE 50 2017 003 570.1, EP-B 3 246 502

« ALWAG » (AM 952/79, AM 3571/2008), « AT »  
(AM 6138/2003), « AT-SYSTEM » (AM 6139/2003),  
« DSI » (004197851), « LSC » (AM 4326/ 2008),  
« OMEGA-BOLT® » (3258282), « OSRO » (1372892),  
« POWER SET » (AM 6163/2002), « ALWAGRIP »  
(AM 4327/2008), « FASLOC® » (5234687), « EDVIRT »  
(515421) et « TUBESPILE » (AM 4328/2008) sont des  
marques déposées de DSI Underground.

« BULLFLEX® » est une marque déposée de  
BuM Beton- und Monierbau GmbH.

« MAI® » est une marque déposée de MAI  
International GmbH.

DSI Underground est partenaire des entreprises  
susmentionnées.

**ALWAG SYSTEMS**

DSI Underground Austria GmbH  
Alfred-Wagner-Strasse 1  
4061 Pasching/Linz  
Autriche

**Téléphone** +43 7229 610490

**E-mail** Info.Austria@dsiunderground.at

**www.dsiunderground.at**